UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS

MÉMOIRE D'ÉTUDIANT

CASE POSTALE 6128, SUCCURSALE A, MONTRÉAL, QUÉBEC, H3C 3J7

LA CONTENEURISATION DANS LES PORTS MARITIMES

par

Tombo Kionga Tedika

Mémoire de maîtrise en sciences appliquées, dirigé par Jean Granger, Département de génie civil, Ecole Polytechnique de Montréal.

Cette thèse a été publiée grâce à une subvention du Fonds F.C.A.C. pour l'aide et le soutien à la recherche.

Université de Montréal
Centre de recherche sur les transports - Publication #366
Août 1984

A ma fille Tedika KIONGA,

A mon fils Tombo KIONGA Jr.

Le travail est l'arme de lutte contre les préjugés. Ne dit-on pas qu'on reconnaît l'arbre par ses fruits?
En outre, n'oubliez jamais que "Vivre sans gloire c'est mourir tous les jours (Napoléon Bonaparte)".

C'est à vous que je confie.

TOMBO KIONGA TEDIKA.

SOMMAIRE

Le problème de faible débit réel moyen enregistré dans certains terminaux à conteneurs de type maritime, tant des pays industrialisés que des pays dits en développement, est dû en majeure partie aux difficultés d'exploitation.

Pour arriver à des résultats positifs, l'activité portuaire en général, et celle d'un terminal en particulier, doit cesser d'être tributaire d'une opération routinière ne comportant aucune évaluation fréquente des coûts de manutention.

Pour remédier à toute improvisation un peu forcée, l'acquisition des outils de planification opérationnelle s'avère de plus en plus inéluctable pour la détermination de la stratégie d'accommodation des navires selon les conditions d'exploitation.

TRANSMAC-1 (Transport et Manutention des Conteneurs version 1) est un modèle qui permet de calculer le coût

d'une stratégie d'accommodation d'un ou de plusieurs navires en fonction de l'offre de service (optimale ou pas) qu'il détermine grâce à une procédure basée sur la traduction mathématique et informatique des activités d'un cycle d'accommodation.

L'application de ce modèle à des données du port de Montréal (automne 1983) a montré que le coût d'une stratégie d'accommodation d'un porte-conteneurs transportant 1750 conteneurs tant à l'import qu'à l'export varie entre $1,22/tonne et $1,42/tonne.

Il a été constaté que le coût de manutention dans un port de marché est moins élevé que dans le cas d'un port de transit et que l'utilisation des châssis au lieu des remorques dans le port est plus coûteuse lorsque les tracteurs doivent parcourir des longues distances.

De plus, il nous a été donné de confirmer que le coût unitaire de manutention croît avec la diminution du tonnage manutentionné.

ABSTRACT

Low handling production of marine terminals for industrialized and others countries is associated with operational difficulties.

Port activities as a whole and container-handling activities in particular need to be studied to evaluate actual procedures and their costs. But well adapted techniques are not currently available. New analytical tools have to be developped to face the existing situation for efficient port handling operation and for improved ship cycle utilisation.

TRANSMAC-1 (Transport et Manutention des Conteneurs) is a model developed to evaluate container-handling costs on the harbour side related to port equipment facilities planned to handle each trans-shipment cycle (unloading and loading).

Using data collected in the fall of 1983 at Montreal Harbour for a ship loading of 1750 containers both ways, port handling costs vary from $1,22/ton to $1,42/ton according to various equipment selection strategies.

From analysis of the results, container handling costs are lower in "market" harbours than in "transit" harbours. Also, straddle carriers generate higher costs than trailers.

AVERTISSEMENT

Suite à la normalisation des dimensions des conteneurs, la littérature tant anglaise que française utilise les unités anglosaxonnes. C'est ainsi que dans l'étude qui suit, l'auteur a dû se conformer à la pratique de ses prédecesseurs bien que les normes de rédaction des mémoires prévoient l'utilisation du système international.

REMERCIEMENTS

Arrivé au moment de manifester ma reconnaissance à tous ceux qui, de près ou de loin ont pu contribuer à la préparation de ce mémoire, j'adresse mes remerciements spécialement :

- à Monsieur Jean-Pierre DESJARDINS, Chef de Service de la Planification des Installations du port de Montréal pour ses avis et considérations sur le projet, et également pour sa disponibilité combien appréciable lors de la collecte des données
- à Monsieur Jean GRANGER, Ing, M.Sc.A. .professeur titulaire et Chef de Section Génie des Transports à l'Ecole Polytechnique de Montréal qui, dans l'acceptation du sujet et dans sa disponibilité permanente pour la direction de ce travail, a été pour moi plus qu'un Directeur de recherche.

Je tiens à exprimer aussi ma gratitude à l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (O.A.C.I.) qui, dans un programme d'assistance technique au Gouvernement du Zaïre, a financé mes études dans le cadre desquelles s'intègre ce mémoire.

Enfin je remercie madame Pukuta MBUMBA, mon épouse, pour son soutien pendant toute la durée de mes études.

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE v

ABSTRACT vii

AVERTISSEMENT ix

REMERCIEMENTS x

TABLE DES MATIERES xi

LISTE DES TABLEAUX xiv

LISTE DES FIGURES xv

CHAPITRE

page

I. INTRODUCTION 1

1.1 CONTEXTE 1
1.2 BUT 5
1.3 ENVERGURE 6

II. LE PORT, SES ACTIVITES ET SES COUTS 22

2.1 GENERALITES 22
2.2 LES OUVRAGES PORTUAIRES 24
2.3 LES FRETS MARITIMES 26
2.4 ANALYSE DES MOUVEMENTS DES FRETS AU PORT . . 29
2.5 EQUIPEMENTS DES PORTS MARITIMES 31
2.5.1 Les engins de transbordement 31
2.5.1.1 Les passerelles d'accès 31
2.5.1.2 Les engins de manutention 32
2.5.2 Les gares, les magasins et les aires de stockage 37
2.5.2.1 Gares maritimes à voyageurs . . . 37
2.5.2.2 Magasins à marchandises 37
2.5.2.3 Les terre-pleins 38
2.5.3 Les voies de desserte 38
2.5.3.1 Les voies de navigation intérieure 39

2.5.3.2 Les voies routières 39
2.5.3.3 Les voies ferrées 40
2.6 LES ACTIVITES PORTUAIRES 41
2.6.1 Le stevedoring 41
2.6.1.1 Généralités 41
2.6.1.2 Les phases d'opérations de stevedoring 42
2.6.2 Le transit 43
2.6.2.1 Transit à l'importation 44
2.6.2.2 Transit à l'exportation 47
2.6.3 Le service de manoeuvre 49
2.7 REGIME ADMINISTRATIF ET FINANCIER 51
2.7.1 Organisation locale des ports maritimes 51
2.7.2 Sources de revenu 52
2.8 LES COUTS DES ACTIVITES PORTUAIRES 54

III. LA CONTENEURISATION 56

3.1 APERCU HISTORIQUE 56
3.2 DEFINITIONS 57
3.3 LE CONTENEUR 59
3.3.1 Définition et normalisation 59
3.3.2 Les avantages 61
3.3.3 La manutention des conteneurs 62
3.3.4 Composition d'un poste à conteneurs . . 64

IV. EVALUATION DES COUTS DANS UN TERMINAL A CONTENEURS 67

4.1 LES MODELES D'ETUDE DES COUTS DE MANUTENTION PORTUAIRE 67
4.2 TRANSMAC-1 72
4.2.1 Le but du modèle 72
4.2.2 Nature du modèle 73
4.2.3 Principe 74
4.2.4 Hypothèses de base 76
4.2.5 Fonctionnement 77
4.2.6 Génération d'un scénario 79
4.2.7 Evaluation de l'offre de service . . . 79
4.2.7.1 Activités 1 et 8 81
4.2.7.2 Activités 2, 4, 5 et 7 82
4.2.8 Evaluation du coût d'opération 89
4.2.8.1 Coût d'exploitation 90
4.2.8.2 Coût d'immobilisation 91
4.2.8.3 Coût d'investissement 92
4.2.9 Evaluation des indicateurs de performance 96
4.2.9.1 Calcul du nombre de conteneurs . . 96
4.2.9.2 Calcul du nombre de U.E.V. 97
4.2.9.3 Calcul du tonnage 98
4.2.9.4 Temps d'occupation du terminal . 100
4.2.9.5 Temps d'attente 101

4.2.9.6 Productivité du terminal 101
4.2.9.7 Indices des coûts 102
4.2.10 Le logiciel 103

V. EXPERIMENTATION 111

5.1 LES DONNEES DU PORT DE MONTREAL 112
5.1.1 Généralités 112
5.1.2 La conteneurisation au port de Montréal 114
5.1.3 Collecte des données 114
5.1.3.1 Introduction 114
5.1.3.2 Données disponibles 115
5.1.3.3 Autres données 119
5.1.4 Résultats 122
5.1.4.1 L'offre de service 122
5.1.4.2 Les indicateurs de performance . 123
5.1.4.3 Les éléments de l'analyse économique 124
5.2 IMPACT DE LA CONTENEURISATION 126
5.2.1 Vitesses des tracteurs 127
5.2.2 Cycle des portiques 128
5.2.3 Nombre de portiques 129
5.2.4 Capacité des chassis/remorques . . . 130
5.2.5 Le tonnage 131

VI. DISCUSSIONS ET CONCLUSION 132

6.1 DISCUSSIONS 132
6.2 CONCLUSION 134
6.3 RECOMMANDATIONS 136

ANNEXE

page

A. PROGRAMME TRANSMAC 1 138

B. EXEMPLE D'IMPRESSION DES RESULTATS 180

C. IMPACTS DE LA CONTENEURISATION 188

BIBLIOGRAPHIE 194

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		page
1.1.	Trafic maritime en fonction de la population mondiale	2
1.2.	Productivité agrégée des travailleurs en milliers de tonne mille par homme année	5
1.3.	Productivité agrégée des capitaux en tonne mille/$	6
1.4.	Productivité agrégée des biens d'équipement en mille/$	7
1.5.	Consommation d'énergie	8
1.6.	Ventilation des dépenses d'un navire de commerce	10
2.1.	Rôles des ouvrages d'accostage	25
2.2.	Phases de manutention	42
3.1.	Types de conteneurs	59
3.2.	Caractéristiques des conteneurs	60
3.3.	Types de postes à conteneurs	66
4.1.	Table de la distribution du poids des conteneurs	99
4.2.	Table des données	106
5.1.	Données du port de Montréal	116
5.2.	Données de la littérature	120
5.3.	Offre de service par poste	123
5.4.	Indicateurs de la demande	124
5.5.	Les coûts du terminal	125

LISTE DES FIGURES

Figure		page
1.1.	Croissance du trafic maritime et de la marine marchande	3
1.2.	Cheminement maritime	9
1.3.	Cycle d'accommodation d'un navire	16
1.4.	Terminal à conteneurs (cas d'un port de marché)	20
1.5.	Terminal à conteneurs (cas d'un port de transit)	21
2.1.	Quai à marchandises diverses (coupe et plan)	28
2.2.	Analyse des mouvements du fret portuaire	30
3.1.	Grues jumelées	63
4.1.	Eléments du modèle de Frankel	70
4.2.	Eléments du modèle TRANSMAC-1	71
4.3.	Principe d'un modèle par itérations	75
4.4.	Activités d'un cycle d'accommodation	80
4.5.	Diagramme distance/temps	83
4.6.	Transmac-1	104
5.1.	Impact de la vitesse des tracteurs	127
5.2.	Impact du cycle des portiques	128
5.3.	Impact du nombre de portiques	129
5.4.	Impact de la capacité des chassis	130
5.5.	Impact du tonnage manutentionné	131

CHAPITRE I

INTRODUCTION

> Arrêter une stratégie implique donc,au préalable, l'analyse du processus de l'innovation, la détection des obstacles à franchir et la définition de l'objectif à atteindre au terme de ce processus.
>
> MICHEL FRYBOURG(14)

1.1 CONTEXTE

En 1971, M. Alonzo DEF QUIN (19) établissait que la navigation du monde et la demande des services portuaires peuvent être considérées comme une fonction de la population mondiale et sa volonté d'échanger des biens (tableau 1.1).

Pour sa part Bruun (18) a constaté que suite à cette augmentation des biens due à l'augmentation de la population, le nombre et la taille des navires se sont accrus considérablement (figure 1.1) jusqu'à provoquer une nette distinction du trafic maritime par rapport aux trafics routiers et ferroviaires.

TABLEAU 1.1

Trafic maritime en fonction de la population mondiale

ANNEES	POPULATION MONDIALE EN MILLIONS	TRAFIC EN TONNE
1946	2360	69806000
1947	2390	70430000
1948	2430	71549000
1949	2460	73640000
1950	2500	75718000
1951	2530	78821000
1952	2570	81924000
1953	2610	85102000
1954	2650	89258000
1955	2690	92944000
1956	2740	97655000
1957	2800	104770000
1958	2852	112314000
1959	2905	117640000
1960	2972	122027000
1961	3061	125851000
1962	3150	132064000
1963	3218	137657000
1964	3220	143675000
1965	3285	151858000
1966	3356	161006000
1967	3419	171522000
1968	3483	184242000

Source: Design and Construction of port and Marine Structures (19)

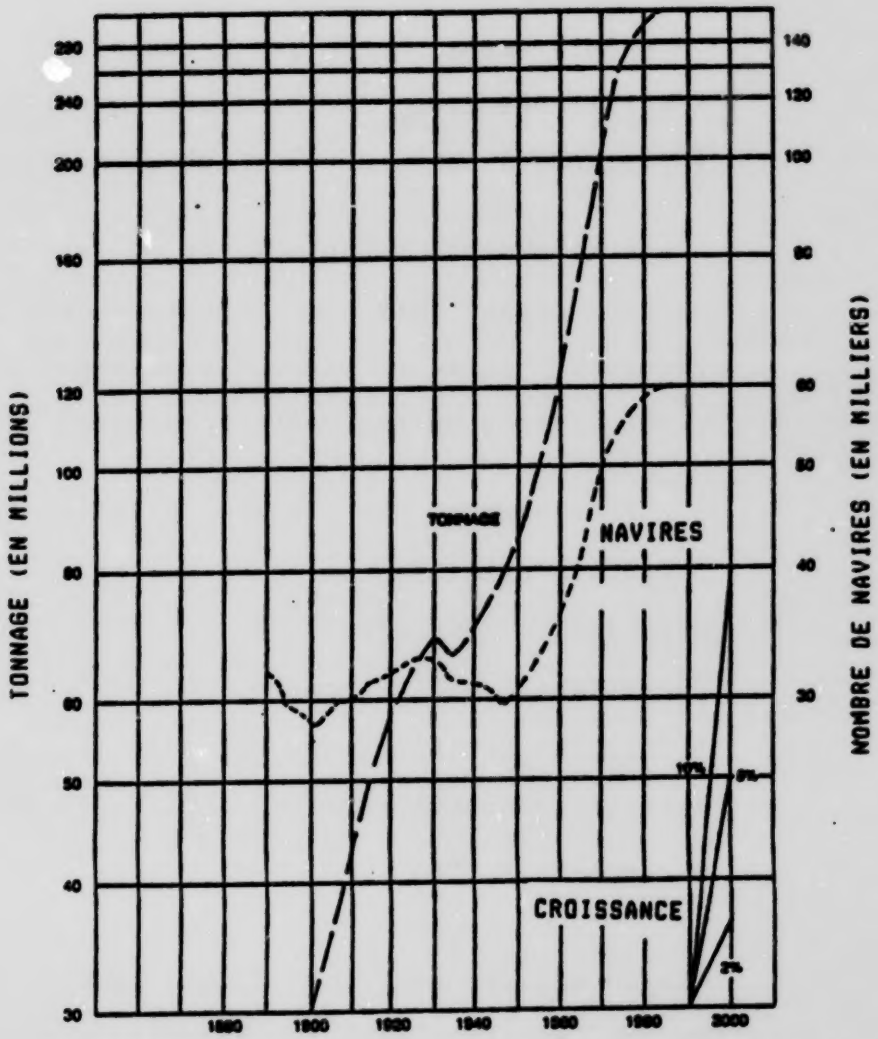


Figure 1.1: Croissance du trafic maritime et de la marine marchande

Source: Port Engineering Third Edition (18)

En comparant le transport maritime aux autres modes, Ewer Eastman Samuel (12) a constaté:

- premièrement que la productivité agrégée des travailleurs dans le transport maritime est de loin supérieure à celle de deux autres modes (tableau 1.2)

- deuxièmement qu'en matière d'investissement, un dollar engagé dans le transport maritime est plus productif tant en bien d'équipement (tableau 1.3), qu'en matière de propriété en général (tableau 1.4),

- troisièmement que la productivité en fonction de l'énergie utilisée est plus performante en transport maritime. En effet les valeurs du tableau 1.5 permettent de constater qu'un gallon de fuel transporte une tonne des marchandises sur 1347 milles dans le transport maritime contre 350 milles seulement en chemin de fer.

De ce qui précède, on déduit le rôle très important du transport maritime dans la distribution des biens. Il mérite donc une place de choix dans les études de transport au plan national et surtout international.

TABLEAU 1.2

Productivité agrégée des travailleurs en milliers de tonne mille par homme année

ANNEES	MODES DE TRANSPORT			RAPPORT EN %	
	MARITIME (A)	FERROV. (B)	ROUTIER (C)	B/A	C/A
1955	2010	524	222	26.0	11.0
1960	2817	654	147	23.0	5.0
1965	5040	965	173	19.0	3.4
1970	9097	1230	162	13.0	1.8
1975	8627	1411	144	16.0	1.7
1976	9557	1515	155	16.0	1.6
1977	9718	1632	184	17.0	1.9
1978	8280	1622	140	19.0	1.7
1979	7805	1658	180	21.0	2.3

Source: Selected productivity comparisons in surface freight transportation: inland water, rail and truck 1935-1978 (12)

Dans le processus de distribution des biens, l'analyse des cheminements des biens nous révèle par la figure 1.2 que les installations portuaires qui constituent un point de convergence des modes terrestres. est un goulot d'étranglement qui provoque la rupture de charge des différents modes. L'importance des services portuaires se justifie encore par le fait que depuis le producteur, un bien passant par le transport maritime doit connaître par

TABLEAU 1.3

Productivité agrégée des capitaux en tonne mille/$

ANNEES	MODES DE TRANSPORT			RAPPORT EN %	
	MARITIME (A)	FERROV. (B)	ROUTIER (C)	B/A	C/A
1955	83.0	55.1	48.6	66.4	58.5
1960	73.0	43.8	25.8	60.0	35.3
1965	80.5	48.8	23.3	60.6	28.9
1970	130.2	46.2	17.[illegible]	35.5	13.[illegible]
1975	91.[illegible]	41.8	21.[illegible]	45.9	23.2
1976	99.[illegible]	44.7	21.8	45.[illegible]	22.0
1977	85.9	43.5	21.7	50.7	25.3
1978	85.7	44.2	20.7	51.6	23.8
1979	86.4	44.0	17.6	50.9	20.4

Source: Selected productivity comparisons in surface freight transportation: inland water, rail and truck 1935-1978 (12)

deux fois les manoeuvres portuaires (port d'origine et port de destination).

Alonzo Def Quin (19) nous apprend qu'au cours de la première guerre mondiale, on a constaté que des pays comme les Etats-Unis et la France ont connu des problèmes d'approvisionnement de leurs troupes respectives en munitions à cause des difficultés provoquées par la

TABLEAU '.4

Productivité agrégée des biens d'équipement en mille/$

ANNEES	MODES DE TRANSPORT			RAPPORT EN %	
	MARITIME (A)	FERROV. (B)	ROUTIER (C)	B/A	C/A
1955	86.3	21.2	48.4	24.5	56.1
1960	79.7	19.3	27.6	24.1	34.5
1965	81.6	23.0	23.1	28.2	28.3
1970	144.4	23.0	15.5	15.7	10.7
1975	87.5	20.1	10.3	23.0	11.8
1976	88.1	22.2	10.5	25.2	11.9
1977	76.2	21.7	10.4	28.5	13.6
1978	74.6	22.3	9.95	29.9	13.3
1979	65.9	22.0	8.78	33.4	13.3

Source: Selected productivity comparisons in surface freight transportation: inland water, rail and truck 1935-1978 (12)

congestion que vécurent leurs ports. Celui de New York était tellement congestionné en certain moment qu'une paralysie quasi complète des activités en est résultée.

Des études visant à chercher les moyens de rendre plus compétitifs le transport maritime aboutirent à la conclusion qu il fallait d'une part améliorer les voies d'évacuation des produits d'importation vers l'arrière-pays

TABLEAU 1.5

Consommation d'énergie

	BTU PAR TONNE MILLE		TONNE MILLE PAR GALLON.	
	BARGE	RAIL	BARGE	RAIL
MEILLEUR CAS	103	396	1347	350
CAS MOYEN	270	686	514	202

Source: Selected productivity comparisons in surface freight transportation: inland water, rail and truck 1935-1978 (12)

et de l'autre d'améliorer les services portuaires dont le coût représentait un impact important sur le transport maritime (tableau 1.6)

En outre, l' auteur ajoutait que des études faites aux Etats Unis montraient que les dépenses moyennes pour transporter une tonne de marchandises sur 240 milles en transport routier étaient de $ 0.74 par tonne-mille. Par contre, le coût de manutention du même lot dans un port revenait à $ 0.75 par tonne. L'auteur concluait que si on voulait réaliser des économies dans le transport utilisant

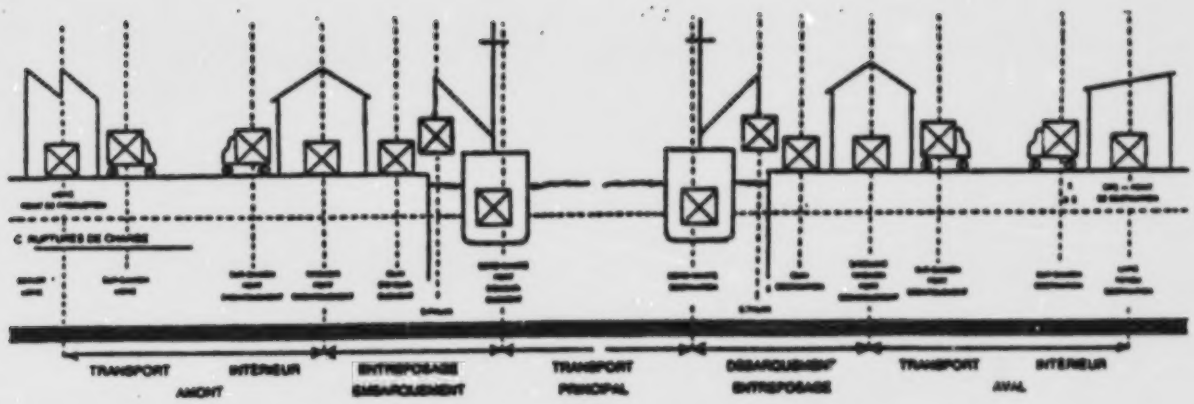


Figure 1.2: Cheminement maritime

Source: Transport des personnes et des marchandises (2)

le système intermodal, il fallait s'attaquer à la recherche des éléments réducteur du coût.

Ainsi qu'il s'agissent de Krazly (17), de Per Bruun (18), de Cuin (19), de Rath (20) ou de Roy S. (22) tous sont unanimes à conclure que l'organisation des services d'accommodation des navires joue un rôle prépondérant dans l'opération portuaire afin de réduire le séjour portuaire des navires, et ainsi augmenter la rentabilité du port.

TABLEAU 1.6

Ventilation des dépenses d'un navire de commerce

A. DEPENSES DE FONCTIONNEMENT EN %	
1. Salaires et subsistances	17.4
2. Carburant	48.7
3. Provisions(pont et moteurs)	3.3
SOUS TOTAL	69.4
B. DEPENSES PORTUAIRES EN %	
1. Chargement et dechargement	17.4
2. Achat, chargement et déchargement du lest	6.6
3. Charges de port et frais divers	6.6
SOUS TOTAL	30.6

Source: Ports and Terminal Facilities (22)

Depuis que les ports maritimes ont été identifiés comme goulot d'étranglement dans le cheminement par transport maritime, des recherches y ont été effectuées pour trouver les moyens de réduire congestion.

Suite à la catégorisation des frets, le système de spécialisation des postes d'accostage selon le genre de fret à y manutentionner a été adopté. Ceci a solutionné surtout le problème de la rotation des navires.

Les recherches spécifiques ont continué dans le cas du cargo général. Celles-ci ont abouti à la palettisation en 1945. Cette procédure consiste à utiliser des palettes métalliques ou en bois. à double faces et de dimensions généralement standardes pour effectuer la plupart des opérations de manutention.

Bien que la palettisation ait amélioré la rapidité et la sécurité du transport des marchandises, les recherches subséquentes ont abouti à l'utilisation des navires rouliers (de l'anglais roll-on et roll-off) en 1950. Cette procédure consiste à embarquer dans le navire toute la remorque du camion sans rupture de charge. Dès l'arrivée à destination la même remorque est utilisée pour l'acheminement vers l'arrière pays. Le stockage posant des problèmes dans les installations portuaires, on est arrivé depuis 1960 à la CONTENEURISATION.

La conteneurisation qui est une des techniques de regroupement de fret en unité de chargement est considerée

par plusieurs auteurs comme étant l'événement le plus important survenu dans le domaine de transport des marchandises depuis l'invention du camion.

L'utilisation des conteneurs s'est rapidement développée depuis 1966. Une étude de la Commission Canadienne de Transport (8) a revelé qu'en 1972 on comptait dans le monde 1,8 à 2 millions d'Unités Equivalentes de Vingt pieds (U.E.V) et environ 563 navires porte-conteneurs de tout type offrant une capacité de 595 480 U.E.V.

La rapidité de ce développement était due au fait que tous les intéressés pensaient avoir trouvé la solution qui allait permettre de lutter contre la lenteur de rotation des navires d'une part et contre l'augmentation des frais de manutention portuaires de l'autre.

Malheureusement en 1974, la Conférence Européenne des Ministres de Transport (C.E.M.T.) (9) constata que le conteneur n'est certainement pas la solution miracle qu'on avait cru découvrir il y a une vingtaine d'années.

Bien que la technique de conteneur par ses avantages apporte des possibilités nouvelles; elle exige cependant, pour s'imposer, une organisation stricte concentrant ses efforts sur trois catégories d'activités dont:

- la politique de transport orientée dans un sens qui satisfait aux besoins qui se dégagent des études du marché,
- le contrôle serré des performances et
- le contrôle strict de la rentabilité des investissements.

En un certain sens, dès qu'un terminal à conteneurs est aménagé, il reste à surveiller les deux derniers points cités ci-haut. Aussi pour y arriver le gestionnaire portuaire a-t-il besoin d'un outil de planification opérationnelle qui puisse lui permettre de déterminer le coût de chaque stratégie d'accommodation des navires qu'il prévoit utiliser en tenant compte de ses ressources.

Dans la gestion portuaire en général et d'un terminal à conteneurs en particulier, plusieurs stratégies peuvent être envisagées.

Il s'agit notamment:

- de la stratégie à long terme spécialement utilisée pour la planification des installations,
- de la stratégie à court terme ou au jour le jour pour la planification des opérations.

Selon leurs différents objectifs, les auteurs qui ont abordé le problème de l'opération portuaire ont conçu des modèles se rapportant à la stratégie à long terme fondée sur une demande estimée. C'est le cas de Frankel (12), de Kessel Cle (16), et Michael S. Bronzini et Robert E. Stammer Jr (5).

A cause d'une lacune observée dans la disponibilité des outils de planification opérationnelle, l'étude qui suit porte sur la conception d'un modèle de détermination de stratégie à court terme pour l'opération d'un terminal à conteneurs à partir d'une demande connue.

1.2 BUT

L'objectif commun entre le transporteur, les autorités portuaires et le client, lorsqu'un navire mouille à quai, est de voir la cargaison quitter le bateau et sortir du port dans le plus bref délai. D'après cette conception, les services au terminal à conteneurs comprennent l'ensemble des opérations permettant de faire sortir tous les conteneurs du port.

Ces opérations comprennent en particulier, le cycle d'accommodation du navire (figure 1.3) qui est la clé de l'efficacité de l'utilisation des postes d'accostage.

Etant donné l'importance des investissements qu'occasionnent les équipements de manutention des conteneurs, le souci des autorités portuaires est de trouver une stratégie d'accommodation ou plan d'ensembble qui contrôle le plus économiquement possible les opérations de chargement et de déchargement des navires.

Une bonne stratégie d'accommodation est celle qui répond au double objectif de qualité de service à offrir au navire (durée de séjour le plus court possible) et au niveau de coût acceptable que ce service occasionne au gestionnaire.

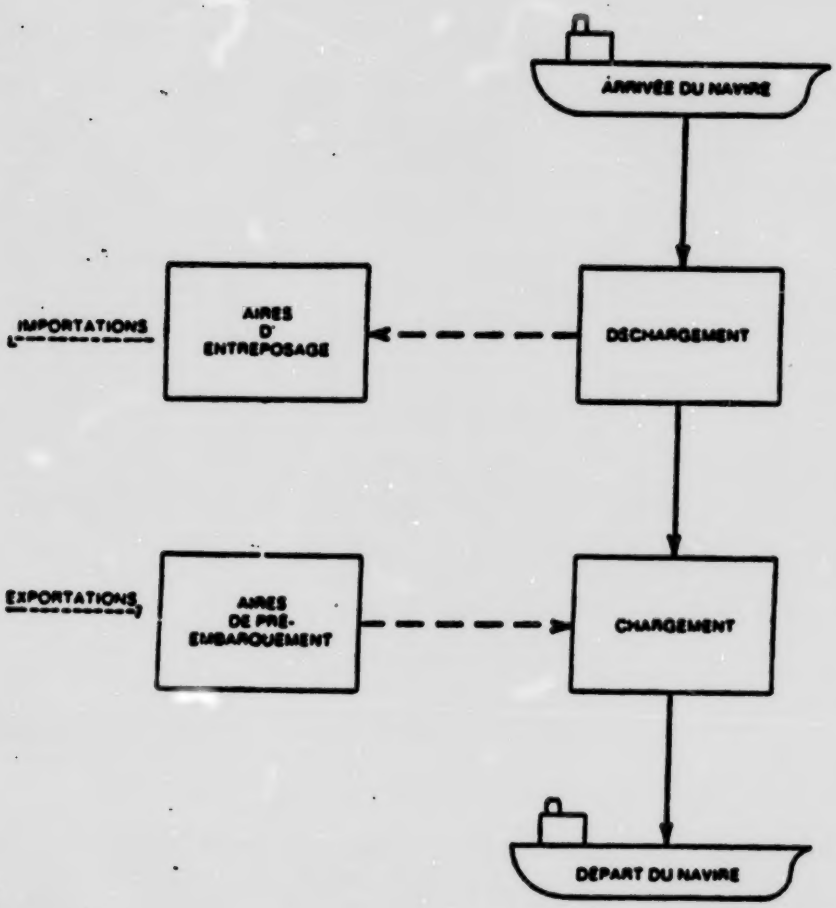


Figure 1.2: Cycle d'accommodation d'un navire

Source: Simulation numérique des activités d'un terminus maritime de conteneurs (1)

Afin de contribuer à l'amélioration des services au terminal à conteneurs, l'objectif que poursuit cette étude est la conception d'une procédure de détermination du coût d'une stratégie d'accommodation d'un ou de plusieurs navires.

L'auteur se propose de concevoir un algorithme qui:

- intègre les activités du cycle d'accommodation d'un ou de plusieurs navires,
- reflète la relation du compromis coût (pour l'opérateur) et qualité de service (pour le transporteur maritime comme utilisateur),
- définit les valeurs des paramètres les plus usuels tels que: tonne, heure, conteneur et U.E.V. pour évaluer la performance d'un système portuaire affecté à ce type d'activités de transport.

1.3 ENVERGURE

L'étude présentée dans ce texte se veut complémentaire aux travaux de Frankel et al (13), de Kessel Ole (16) et de Michael S. Bronzini et Robert E. Stammer Jr (5) déjà faits.

Le modèle TRANSMAC-1 fournit au gestionnaire toutes les principales informations à caractère opérationnel et économique qu'il désire connaître sur le cycle d'accommodation. Ces informations portent sur:

- l'offre de service (utilisation des postes d'accostage et des engins de manutention),
- les indicateurs de performance,
- et le coût de manutention associé à chaque stratégie d'accommodation.

Dans cette étude, la demande est constituée des navires (et de leur cargaison) en attente d'un poste d'accostage. Chaque navire comprend un certain nombre de conteneurs tant à l'importation qu'à l'exportation. L'offre de service comprend le terminal avec ses postes d'accostage ainsi que toutes les ressources de manutention (main d'oeuvre et équipement).

Dans l'analyse qui suit on considèrera les opérations dans un port de marché (figure1.4) et dans un port de transit (figure '.5). La modélisation des activités du cycle d'accommodation du navire dans un cas comme dans l'autre permet la détermination, pour le gestionnaire. du coût d'une stratégie d'accommodation des porte-conteneurs en fonction de l'offre de service, du temps d'utilisation des postes et des différents équipements et engins du port affectés aux opérations.

Dans les pages qui suivent, après avoir donné un aperçu d'un port et de ses activités ainsi que certaines notions sur la conteneurisation. on traitera de l'établissement du modèle d'évaluation des coûts de manutention avec la description des hypothèses de travail et des différentes formulations mises au point pour le calcul de l'offre de service, du coût d'opération et des différents indicateurs de performance du système.

Avant de présenter et de discuter des résultats, une section explique le logiciel qui permet de les calculer.

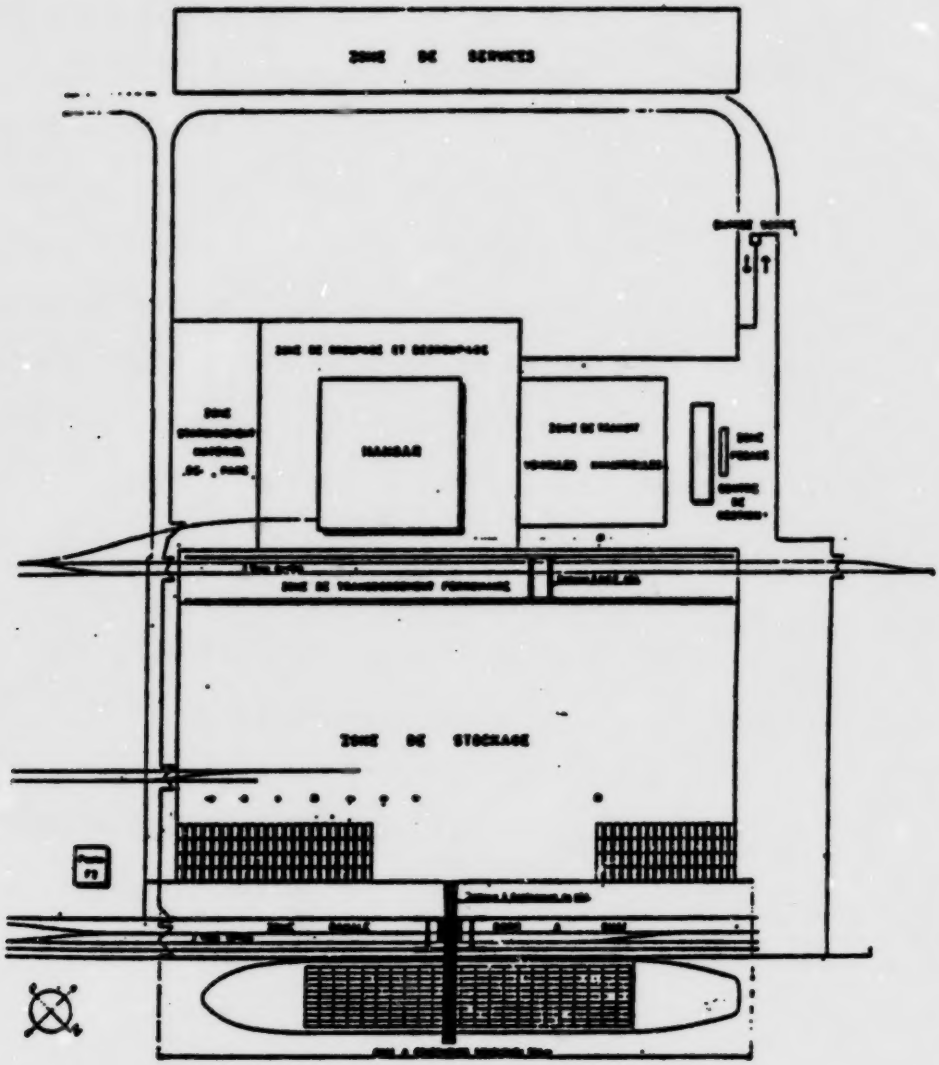


Figure 1.4: Terminal à conteneurs (cas d'un port de marché)

Source: Travaux maritimes (7)

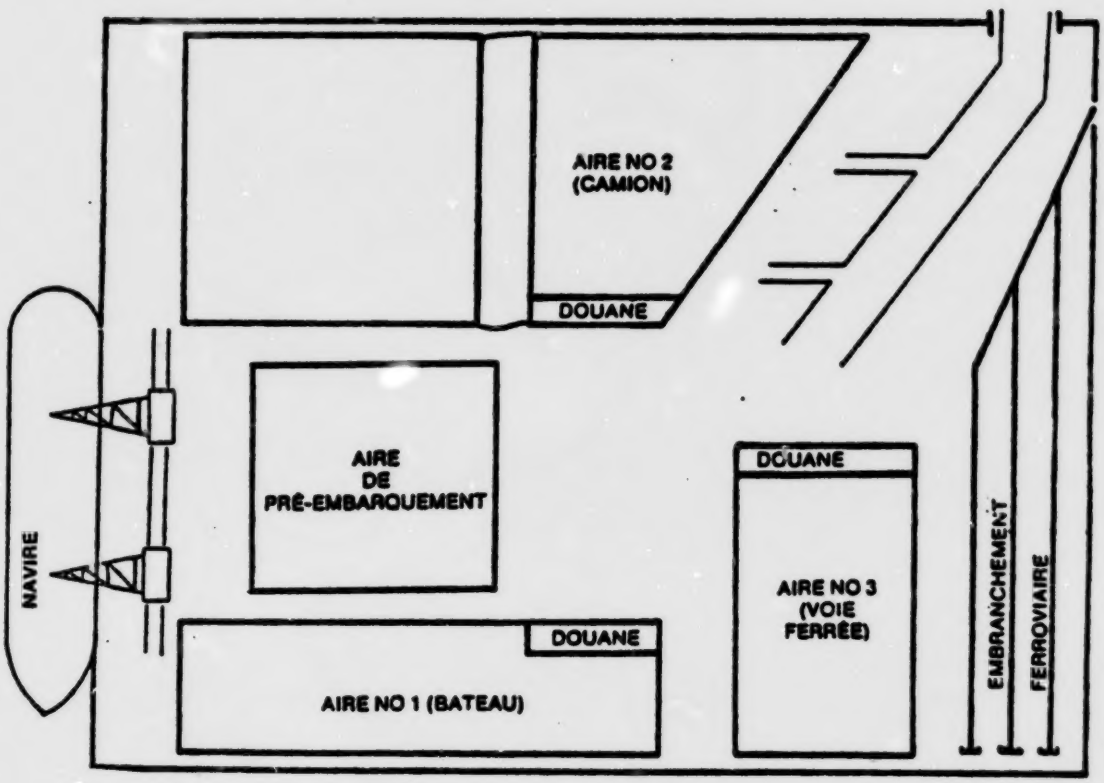


Figure 1.5: Terminal à conteneurs (cas d'un port de transit)

CHAPITRE II

LE PORT, SES ACTIVITES ET SES COUTS

> Chaque science, chaque étude, a son jargon inintelligible qui semble n'être inventé que pour défendre les approches.
>
> VOLTAIRE

2.1 GENERALITES

Les ports maritimes sont des établissements aménagés le long des côtes, des estuaires des fleuves ou des canaux et pouvant être atteints par des navires de mer. Ils permettent le développement des échanges nationaux et internationaux par voie maritime.

A ce titre, ils sont considérés comme des portes d'entrée et de sortie des biens respectivement d'importation et d'exportation. On ajoute aussi qu'un port est comparable à un cours d'eau; en effet si ce dernier tire son importance dans l'envergure de son débit qui dépend de son bassin versant. un port puise sa réputation dans l'importance de son trafic qui lui-même dépend de l'arrière pays.

Les rôles des installations portuaires sont très variés; en effet outre le rôle physique qui consiste à permettre le stationnement des navires à l'abri de la houle pour les opérations portuaires, il existe deux autres rôles l'un économique et l'autre opérationnel c'est-à-dire assocpié aux activités.

Le rôle économique vient du fait que le port est déstiné à l'accommodation des navires pour assurer la continuité du transport entre les voies maritimes d'une part et les voies terrestres ou fluviales d'autre part.
On distingue deux aspects du rôle économique:

- l'aspect industriel qui apparaît lorsque le port comprend des installations pour traiter ou transformer les matières importées ou à exporter par la voie maritime,
- l'aspect de marché qui prend naissance dès que des opérations commerciales accompagnent le transbordement des marchandises.

Le rôle opérationnel ou associé aux activités permet d'opérer une meilleure planification des installations car il donne des indications sur l'importance relative du trafic qui s'effectue en transit direct et celui qui nécessite un

long séjour au port. Ces deux particularités donnent respectivement naissance au port de transit (rapidité de manutention et d'évacuation) et au port de marché (long séjour portuaire).

2.2 LES OUVRAGES PORTUAIRES

En principe tout port maritime comprend cinq sortes d'ouvrages portuaires qui se complètent par leurs fonctions respectives. On cite:

1. Les ouvrages de protection des accès qui ont comme rôle de défendre le port contre la houle et contre les apports solides du transport littoral. Ces ouvrages permettent aussi d'assurer le calibrage du chenal d'accès dans les ports intérieurs.

2. Les plans d'eau qui servent à l'évolution et au stationnement des navires. Il existe des bassins de marée dont le niveau suit celui de la marée et des bassins à flot dont le niveau est rendu constant grâce à l'utilisation d' écluses.

3. Les ouvrages d'accostage qui remplissent un ou plusieurs des trois rôles suivants (tableau 2.1):
   a) permettre l'accostage et l'amarrage des navires.

b) retenir les terres au contact des plans d'eau.

c) assurer la liaison entre le navire et la terre.

TABLEAU 2.1

Rôles des ouvrages d'accostage

CUVRAGES D'ACCOSTAGE	ROLES		
	a	b	c
QUAI	OUI	OUI	OUI
APPONTEMENT	OUI	NON	NON
DUC D'ALBE	OUI	NON	NON

4. Les aires de stockage des marchandises. Il s'agit des entrepôts couverts ou non, destinés à recevoir en priorité du fret périssable. Elles sont reliées au poste d'accostage par voies ferrées et par chaussées situées immédiatement en bordure des plans d'eau. Il faut souligner cependant que dans les ports industriels où les usines sont établies près des postes de réception des navires, le stockage primaire se fait en bordure immédiate des plans d'eau.

5. Les ouvrages spéciaux qui servent à la construction. à la réparation et à l'entretien des navires.

2.3 LES FRETS MARITIMES

Dans le but de faciliter la spécialisation des postes d'accostage et des navires de commerce, il a été institué quatre catégories de fret dont:

- Le cargo général qui comprend le fret au colis divers (paquets aux formes et dimensions différentes), le fret au colis standard (paquets de taille uniforme) et le fret périssable aux dimensions standardes et uniformes;

- Le cargo en vrac dans lequel on distingue les produits pouvant s'écouler librement (grains solides, huiles en vrac. pétrôle), et les matériaux rugueux en vrac (charbon.gravier.minerais...);

- Les passagers dont la catégorisation s'effectue par classe. C'est ainsi que l'on parlera de la première ou de la deuxième classe;

- Le fret hautement précieux qui comprend le courrier, les bagages des passagers et les espèces monétaires.

L'objectif toujours recherché dans l'amélioration des services portuaires, est de trouver non pas des installations pour du fret particulier mais plutôt de concevoir des équipements et des engins de manutention pouvant réduire le coût de manutention. Cela se confirme par le fait que, bien que la spécialisation des postes ait été la première solution adoptée, les recherches ont continué pour aboutir à la conteneurisation en passant par la palettisation et le système roulier (le roll-on et roll-off).

Il convient cependant de souligner que la spécialisation des postes d'accostage joue quand même un rôle très important. En effet, il suffit de constater les différentes sortes des postes que le monde maritime connaît. On cite:

- le poste à voyageurs,
- le poste à marchandises diverses (figure 2.'),
- le poste à marchandises spécialisées(fruits et primeurs, céréales en vrac, vins et liquides autres que les hydrocarbures),
- le poste à pondéreux en vrac(charbon. minerais...),
- le poste spécialisés pour conteneurs.

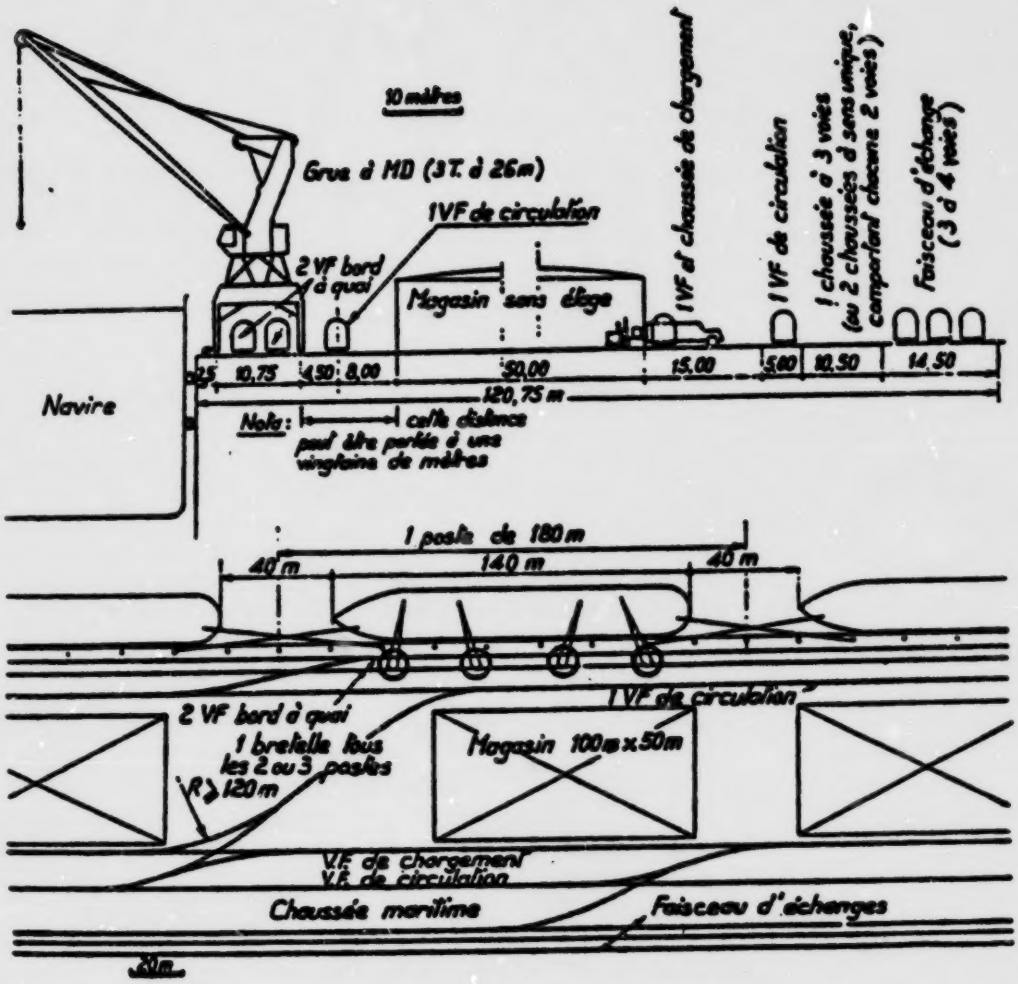


Figure 2.1: Quai à marchandises diverses (coupe et plan)

Source: Travaux maritimes tome 2 (7)

2.4 ANALYSE DES MOUVEMENTS DES FRETS AU PORT

Dès qu'un navire mouille à quai et dès que commencent les opérations de déchargement. le fret peut prendre différentes destinations comme montrent Roy S. et Mac Elwee (22) à la figure 2.2
Ces destinations sont:

1. Le quai pour être chargé:
   - soit dans les wagons de chemin de fer pour leur expédition vers la cour de dépôt, vers l'arrière pays, vers les magasins de stockage ou vers les installations industrielles.
   - soit dans les camions de livraison à destination du local du consignataire ou vers le magasin de stockage si le fret n'est pas à livrer directement.
   - soit en allège pour être transféré vers le magasin de stockage possédant un côté à l'eau, ou alors vers les installations industrielles possédant une face à l'eau.

2. Les péniches ou chalands pour être envoyé vers le magasin de stockage possédant un côté à l'eau pour la livraison. vers les installations industrielles ayant un

côté à l'eau ou encore vers les terminaux des canaux à barges.

3. Si le navire est à un poste d'amarrage, le fret pourra directement être chargé dans les barges pour son acheminement vers l'arrière pays, ou encore sur les allèges et les chalands à destination des locaux du consignataire.

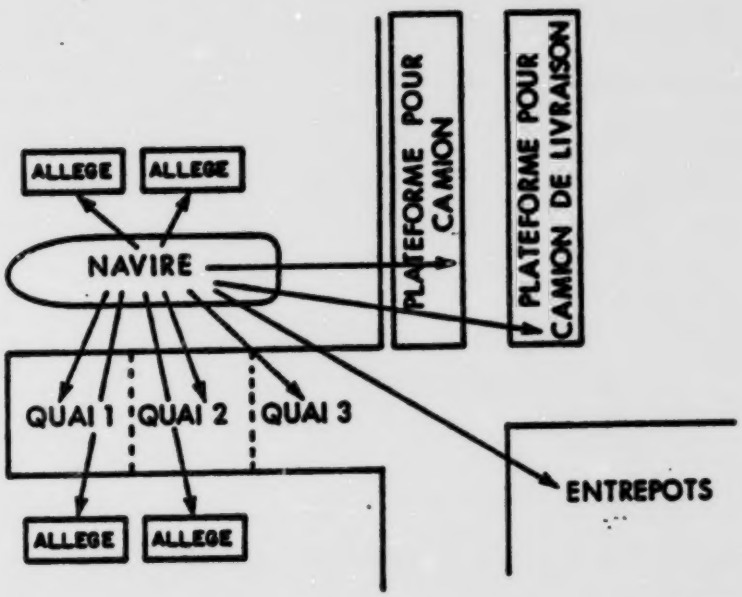


Figure 2.2: Analyse des mouvements du fret portuaire

Source: Ports and Terminal Facilities (22)

Après avoir analysé les mouvements du fret dans un port maritime, nous aborderons maintenant le problème d'équipement de manutention nécessaire pour réaliser ces mouvements.

2.5 EQUIPEMENTS DES PORTS MARITIMES

On appelle équipements des ports maritimes; l'ensemble des appareils, bâtiments et espaces qui permettent d'assurer la jonction entre la voie de transport maritime et les moyens de transport intérieur. Les principaux types d'équipements sont les engins de transbordement, les gares maritimes, les magasins de stockage, les aires de stockage et les voies de desserte.

2.5.1 Les engins de transbordement

2.5.1.1 Les passerelles d'accès

Les passerelles d'accès sont des engins qui permettent le transbordement des voyageurs, des véhicules ou des marchandises. Ils sont généralement de conception simple.

2.5.1.2 Les engins de manutention

La conception des engins de manutention se fait en fonction des différentes catégories des frets.

1. Les engins de manutention des marchandises diverses à cargaison non homogène.

La littérature (6) souligne qu'en matière de manutention portuaire, il est très important de saisir les deux notions suivantes: celle des aspects de la manutention et l'autre des phases de manutention.

Il existe deux aspects de manutention des marchandises tant à l'importation qu'à l'exportation. La manutention à l'exportation consiste à approcher du navire les biens depuis les lieux de production ou de stockage jusqu'au point de chargement puis à les charger et à les arrimer dans les navires. La manutention à l'importation consiste à effectuer les opérations contraires jusqu'aux lieux de stockage ou de consommation.

En ce qui concerne les phases de manutention. il en existe deux dont: la phase horizontale et la

phase verticale. La phase horizontale s'effectue le plus souvent sur l'ouvrage d'accostage et dans les cales des navires. Tandis que la phase verticale consiste à faire franchir à la marchandise la muraille du navire pour la faire passer de la cale au quai ou inversement.

On note cependant que dans le cas où le navire possède des ouvertures sur les flancs, seule la manutention horizontale est alors utilisée.

a) Les engins de manutention verticales.

Il en existe deux types:

i) Les engins de bord qui peuvent être: les mats de charge, les grues ou les portiques.

ii) Les engins de levage du port; ce sont: les engins mobiles qui roulent le long des ouvrages d'accostage, et les engins montés sur les pontons flottant

b) Les engins de manutention horizontale.

On utilise:

i) Les chariots élevateurs qui sont des engins auto tracteurs, munis des fourches horizontales et pouvant être déplacées le long des glissières horizontales. A cause

de leur rayon de giration très faible, ces chariots sont déstinés à effectuer des déplacements n'exédant pas '50 mètres. Leur force de levage varie de 6.5 à 10 tonnes; ils peuvent lever la charge jusqu'à une hauteur de 5.25 mètres. Les modèles de chariot qu'on rencontre sont: ceux pouvant soulever sans gerbage, ceux qui soulèvent avec gerbage et les autres qui soulèvent en pinçant.

ii) Les grues automobiles sur pneumatiques. Ce sont des engins à crochets soulevant la charge d'une faible hauteur et la déplaçant horizontalement.

iii) Les trains de remorques tractées sont utilisés pour des distances excédant '00 à 150 mètres.

iv) les transporteurs qui peuvent être manuels ou mécaniques.

2. Les engins de manutention des marchandises en cargaison homogène

Cette question sera abordée au chapitre sur la conteneurisation.

3. les engins pour la manutention des colis lourds

On appelle colis lourds, ceux dont le poids unitaire excède 10 ou 12 tonnes. Leurs moyens de manutention sont: les ponton-grue ou bigues flottantes, ou les grues de quai spécial pour colis lourds.

La puissance de levage des ponton-grue varie entre 30 et 200 tonnes; celle des grues de quai spéciales peut aller jusqu'à 150 tonnes.

Il faut préciser cependant qu'il est moins intéressant d'investir dans la construction d'un quai à grue spéciale car il est plus coûteux de faire déplacer un navire que de faire de même pour une bigue flottante.

4. Les engins de manutention des marchandises solides en vrac

a) Cas des pondéreux en vrac

Pour manutentionner les pondéreux en vrac comme le charbon et d'autres minerais, on utilise des portiques équipées des bennes ou des goulottes déversant par simple gravitation. Ce dernier cas est utilisé à l'exportation seulement.

b) Cas des céréales et des grains en vrac

Pour le chargement des céréaliers on utilise des goulottes équipées des disperceurs horizontaux. Cependant le déchargement s'effectue au moyen des aspirateurs pneumatiques ou des chaines redlers; le tout monté sur des portiques et pouvant servir toute la cale du navire. Il y a quelques années ces appareils pouvaient avoir une puissance atteignant 60 à 400 tonnes/heure.

5. Engins de manutention pour les liquides en vrac.

Les produits que l'on considère sous cette rubrique sont: les gaz liquéfiés, les vins, les produits commestibles, le souffre à l' état liquide...

La manutention s'effectue par refoulement dans les flexibles. Celles-ci sont des canalisations en caoutchouc souple et armées des fils d'acier. Elles possèdent des diamètres de 8 pouces et assurent la liaison entre les citernes des navires et les pipes de raccordement aux installations de stockage terrestre. Le refoulement peut avoir un débit allant jusqu'a 1000 tonnes/heures. D'une façon générale un tank d'hydrocarbure est desservi par trois ou quatre

fléxibles qui permettent une cadence de 2500 à 3000 tonnes/heure.

2.5.2 Les gares, les magasins et les aires de stockage

2.5.2.1 Gares maritimes à voyageurs

Une gare maritime comprend habituellement des installations pour le transit des passagers, des soutes de bagage et éventuellement un hangar à marchandises si on accommode des paquebots à chargement mixte.

2.5.2.2 Magasins à marchandises

Il existe les hangars de transit et les magasins de stockage. Les hangars de transit sont construits à proximité des plans d'eau et peuvent être à simple rez-de-chaussée ou à étages. Ce dernier cas est à éviter car il nécessite une seconde manutention verticale. Cependant il peut devenir impératif si le terrain disponible est trop exigu ou encore quand on construit à proximité d'une agglomération.

En ce qui concerne les magasins de stockage où les marchandises peuvent séjourner pendant une longue durée, leur implantation se fait en seconde zone et à une distance d'au moins 100 mètres des plans d'eau.

2.5.2.3 Les terre-pleins

Ils jouent un double rôle: l'un de point de stockage et l'autre, de point de reprise des marchandises.
En tant que point de stockage, les terre-pleins servent:

- au stockage des marchandises peu sensibles aux intempéries; c'est le cas des pondéreux en vrac, des bois, des grumes et des marchandises en conteneurs étanches,
- au parcage des animaux vivant et en transit au port.
- au parking des automobiles en transit,
- au stockage des marchandises diverses protégées des intempéries par bachage.

Comme point de reprise. les terre-pleins servent à la reprise des marchandises déposées par les grues de quai et enlevées par les engins de manutention horizontale qui les transportent sous les hangars ou dans le parc de stockage plus éloigné du front d'accostage.

2.5.3 Les voies de desserte

Il existe trois types de voie de desserte pour un port maritime; les voies de navigation intérieure, les voies routières et les voies ferrées.

2.5.3.1 Les voies de navigation intérieure

Ces voies raccordent les installations portuaires à la navigation intérieure. On utilise des écluses pour résoudre le problème de différence de niveau dès qu'il apparaît. Dans tous les cas, on prévoit un bassin de remisage des bateaux fluviaux à proximité immédiate du port et un bureau d'affrétement dans les installations portuaires mêmes.

2.5.3.2 Les voies routières

Dans un port maritime, les voies routières sont constituées des voies en bordure du quai, des voies de circulation générale et des aires de stationnement.

Les voies bord à quai se confondent pratiquement avec les terre-pleins et les voies d'arrière quai qui sont situées en arrière des hangars et des terre-pleins.

Suite à la tendance observée d'évacuation croissante des marchandises par la route (80% en Europe en 1962 selon M. Chapon (6)) l'amélioration de certaines composantes des voies routières s'est avérée nécessaire. C'est ainsi qu'on a institué le principe de desserte rationnelle du port par

l'amont; et l'autre de réduction des goulots d'étranglement du trafic tel que les ponts mobiles et les passages à niveau.

2.5.3.3 Les voies ferrées

Celles-ci comprennent:

- deux ou trois voies bord à quai et des voies arrière-quai suivant l'importance du trafic ferroviaire et suivant aussi l'importance du trafic en transbordement direct à partir des wagons.
- des voies de circulation générale et de raccordement au réseau ferroviaire local,
- des faisceaux d'échange qui permettent de manoeuvrer et de stationner les wagons au voisinage immédiat des quais.
- les faisceaux de triage en vue de la distribution des wagons à l'expédition et de la constitution des trains à l'importation. Il existe des faisceaux de triage secondaires qui sont situés dans le port contrairement aux faisceaux principaux qui sont généralement assez loin du port.
- les embranchements de desserte des zones industrielles établies en deuxième zone.

2.6 LES ACTIVITES PORTUAIRES

Dans les ports maritimes, on trouve quatre principaux types d'activité, soit: le stevedoring, le transit, les manoeuvres et les services divers.

2.6.1 Le stevedoring

2.6.1.1 Généralités

Le 'stevedoring', de l'anglais stevedore qui signifie débardeur, c'est l'ensemble des opérations de chargement et de déchargement d'un navire.

Ces opérations sont effetuées sous le contrôle du capitaine qui, à l'importation n'est dégagé de sa responsabilité de transporteur que lorsque la marchandise est reçu sous palan par le gestionnaire du port. A l'export, il ne prend la responsabilité du transport qui lui incombe que lorsqu'il a reçu les marchandises sous palan.

En pratique les opérations de stevedoring sont éxécutées par un acconier, sorte d'entrepreneur spécialisé dans le désarrimage et l'arrimage des chargements, qui loue ses services au navire. La main d'oeuvre et le personnel de l'acconier travaillent sous les directives du capitaine.

2.6.1.2 Les phases d'opérations de stevedoring

L'ensemble des opération de stevedoring comprend à l'import comme à l'export deux phases successives comme le montre le tableau 2.2

TABLEAU 2.2

Phases de manutention

	PHASE 1	PHASE 2
IMPORTATION	DESARRIMAGE	MISE SOUS PALAN
EXPORTATION	PRISE SOUS PALAN	ARRIMAGE

Le désarrimage consiste à extraire des cales des navires les marchandises destinées à être débarquées. L'acconier utilise les plans de chargement fournis par le capitaine. Ceux-ci indiquent avec précision les colis chargés à bord.

La mise sous palan consiste à déposer les marchandises sur le quai ou à les arrimer dans les wagons ou sur les allèges suivant les indications du gestionnaire du port.

La prise sous palan par le navire consiste à recevoir les produits d'exportation présentés par le gestionnaire sur le quai ou en allège et à les enlever pour les mettre à bord.

Finalement l'arrimage consiste à placer les lots en cales, suivant les directives du capitaine qui établit son plan de chargement pour la totalité des marchandises à embarquer.

Etant donné qu'il s'agit d'un transfert de responsabilité soit du capitaine au gestionnaire (à l'importation) ou vice versa (à l'exportation), les opérations sont obligatoirement accompagnées des pointages contradictoires destinés à contrôler la quantité et la qualité du cargo.

2.6.2 Le transit

le transit est l'ensemble de toutes les opérations matérielles et administratives destinées à faire sortir, dans les délais les plus courts, le cargo des installations portuaires; c'est-à-dire à le réexpédier vers sa destination à l'importation. ou à l'embarquer à bord pour l'exportation.

2.6.2.1 **Transit à l'importation**

Tout fret arrivant dans un port est sujet à deux possibilités après la mise sous palan; il s'agit soit du chargement direct pour la réexpédition ou du stockage.

On parle du chargement direct lorsque dès le débarquement, le cargo est chargé directement dans les wagons les allèges ou dans les barges pour être réexpédié ou envoyé vers les lieux de stockage.

Ce mode de chargement s'est toujours avéré très intéressant dans l'exploitation portuaire car il permet de conserver le fret dans le port pour un temps très réduit et il limite la manutention à la seule opération de chargement des wagons, des allèges ou des barges.

Pour réussir efficacement le chargement direct, il faut une bonne coordination entre les différents services tels que:

- le service de manoeuvre qui assure l'enlèvement des wagons chargés et leur remplacement rapide par des wagons vides,
- le secteur de port affecté au déchargement des wagons en provenance du réseau ferroviaire qui doit respecter le rythme et le programme préscrit,

- le chemin de fer qui doit être à même de fournir les wagons qui lui sont demandés,
- le personnel portuaire des opérations de manutention qui doit garder un rythme compatible avec les intérêts du navire.

Le cargo ne bénéficiant pas de la formule de chargement direct est dirigé vers les divers endroits de stockage. Ceux-ci sont:

- les magasins d'entreposage pour les marchandises devant être mises à l'abri des intempéries et du vol à l'exclusion des colis trop volumineux ou trop pondéreux,
- les cours de stockage pour le cargo ne pouvant être mis en magasin. Les colis y destinés à ces lieux sont bâchés.
- les chalands pour les lots en sac.

Dans tous les cas, un pointage du cargo est fait afin de donner au capitaine une décharge pour tout ce qui a été débarqué. Ces pointages contradictoires sont effectués en même temps par le capitaine, par le gestionaire du port et par la douane.

La décharge remise au navire se présente sous forme d'un document appelé MANIFESTE DES MANQUANTS ET DES EXCEDENTS établi sur base des pointages.

Ce document est .en fait. un correctif du manifeste d'entrée que le capitaine remet au gestionnaire dès son arrivée au port. Le manifeste d'entrée n'est autre chose qu'une liste complète des connaissements de toutes les marchandises embarquées à bord. Il existe donc un pareil document à tous les ports de destination. Le connaissement appelé couramment "BILL-OFF LOADING" (B.L) est un contrat de transport qui lie tous les intervenants.

Le connaissement est le contrat de transport remis au transporteur. Il donne droit au détenteur de l'original de réclamer que la marchandise lui soit remise au port de destination. En fait, ceci signifie simplement que le port de destination est responsable de la marchandise vis-à-vis du transporteur maritime. Il ne peut donc s'en dessaisir que sur présentation de l'original du connaissement.

On note que négliger de faire parvenir l'original du connaissement à l'importateur occasionne très souvent des retards dans la réexpedition des marchandises et engendre des frais de stockage rapidement prohibitifs.

Pour éviter pareille situation, l'importateur est toujours tenu de communiquer à l'exploitant du port et dès l arrivée du navire, les documents suivants:

- l'original du connaissement.
- les instructions sur la réexpedition des marchandises
- les instructions et les documents de dédouanement

2.6.2.2 Transit à l'exportation

Il s'agit de l'ensemble des opérations matérielles et administratives destinées à amener sous palan les produits d'exportation remis à l'exploitant du port par les exportateurs.

Dès que les produits arrivent au port, deux possibilités se présentent; l'une, le stockage pour attendre le moment de les présenter au navire chargé de les transporter, et l'autre, l'approche le long du quai pour un embarquement immédiat.

Les opérations de mise en stockage font l'objet d'un pointage non contradictoire. Ce pointage est requis pour s'assurer de la conformité des lots en quantité et en qualité qui permettra l'établissement des instructions d'embarquement valables, et dont le capitaine a besoin pour charger les lots d'une façon ordonnée.

C'est au moment de l'embarquement proprement dit que s'effectuent les pointages contradictoires indispensables à la prise en charge des produits par le navire.

Les connaissements maritimes sont établis sur la base des instructions d'embarquement et des pointages. Dès qu'un lot est à bord, le capitaine signe le connaissement en y apposant les réserves éventuelles qu'il juge nécessaires pour couvrir sa responsabilité. Cependant il doit en avoir avisé l'exploitant du port afin que celui-ci y apporte remède si le connaissement ne doit pas comporter de réserves.

En ce qui concerne la procédure d'embarquement. il est préferable de stocker certains lots en allèges afin de procéder simultanément de deux bords; c'est-à-dire du côté quai au moyen des grues, et du côté eau par les mats de charge du navire.

2.6.3 Le service de manoeuvre

On appelle service des manoeuvres dans un port, celui qui est appelé à effectuer en temps voulu tous les mouvements des wagons à l'intérieur des installations portuaires. Les activités de ce service sont très variées; il s'agit, entre autre:

- d'alimenter les quais, les magasins et les cours en wagons (vides à l'importation et à décharger à l'exportation) à l'endroit et au moment fixés par l'exploitant,
- de retirer des quais, des magasins ou des cours au fur et à mesure qu'ils sont disponibles tous les wagons qui n'y sont plus nécessaires,
- d'acheminer vers les faisceaux d'arrimage et de pesage les wagons prêts à être remis vers le chemin de fer pour la réexpédition.

Tous ces mouvements des wagons doivent être exécutés suivant les indications de l'exploitant du port qui est seul habilété à fixer, d'une part, les endroits précis où les wagons doivent être conduits ou d'où ils doivent être retirés; et de l'autre, le moment particulier auquel les manoeuvres doivent avoir lieu.

Pour que le bon fonctionnement d'un tel service soit assuré, il faut une organisation très poussée assortie d'une collaboration très étroite et des contacts permanents avec les divers secteurs de manutention portuaire .

Contrairement aux divers secteurs de manutention portuaire qui ne sont qu'irrégulièrement astreints aux travaux de nuit, le service de manoeuvre opère vingt quatre heures par jour. En effet, l'équipe de nuit est particulièrement chargée du nettoyage de l'ensemble des faisceaux et de l'alimentation des différents postes de chargement des wagons afin de fournir aux secteurs de manutention une situation favorable de reprise des activités portuaires proprement dites à chaque début de journée.

2.7 REGIME ADMINISTRATIF ET FINANCIER

La planification, la construction et la gestion d'un port est une entreprise très complexe surtout pour les grands ports maritimes.

A cause de la complexité des fonctions portuaires, on engage parfois plusieurs agences qui se distribuent les tâches. C'est dans ce sens que l'on retrouverait une partie d'un port gérée par des intérêts privés, une autre, par les voies ferrées et une autre encore par la municipalité. Le port peut aussi être mis sous l'authorité ou la juridiction du gouvernement central.

2.7.1 Organisation locale des ports maritimes

En considérant le cas des ports de commerce, il existe deux types de ports maritimes: les non autonomes et les ports autonomes.

Les ports non autonomes sont ceux qui sont gérés directement par l'Etat en ce qui concerne les travaux d'entretien, d'extension, d'exploitation et de police. Par contre, les ports autonomes sont ceux dont la gestion et l'exploitation tant du port que de l'outillage sont confiées

à un établissement public dôté d'une personnalité civile et ayant par délégation, une partie des attributions exercées par le pouvoir central dans les ports non autonomes.

Il convient de souligner que les collectivités locales obtiennent les fonds nécessaires pour leur participation aux investissements portuaires en instituant des péages locaux ayant le caractère des véritables impôts. Ceux-ci sont perçus par le port soit d'après le poids des marchandises embarquées ou débarquées, soit d'après le nombre de passagers.

2.7.2 Sources de revenu

Les droits et les taxes qui constituent la principale source de revenu sont payés par les usagers des ports. Ils constituent soit des impôts purs et simples, soit des représentations sur les services rendus.

Ces droits et taxes sont perçus au profit de l'Etat et des administrations chargées d'exploiter le port ou d'un des services qui s'y rapportent. Leur assiette est très variable et frappe soit le navire lui-même, soit la marchandise et les passagers.

Alors que certains droits sont obligatoirement acquités par tous les usagers, les taxes, elles, ne sont dues qu'à ceux qui réclament des services correspondant.

L'institution des droits et taxes varient d'un pays à l'autre. D'une façon générale elles peuvent être regroupées comme suit:

'- les taxes appliquées au navire sont d'une part, celles facturées par l'Etat (taxe de pilotage, taxes de port pour l'utilisation des postes d'accostage, taxes administratives, les droits généraux) et de l'autre celles facturées par l'exploitant du port (droit d'accostage, taxes d'arrimage et de désarrimage, taxes de mises et de prise sous palan, taxes pour heures supplémentaires, taxes de location des grues, taxes de matériel de manutention, taxes de prestation des remorqueurs taxes de réception du cargo);

2- les taxes appliquées à la marchandise sont:

- la taxe de transit des marchandises,
- la taxe spéciale de manutention,
- la taxe de pesage des marchandises,
- la taxe de dégroupage,
- la taxe de location des bâches et des chaines,
- frais des documents,
- la surtaxe pour colis lourd,
- la taxe d'usage des hangars et des terre-plein.

2.8 LES COUTS DES ACTIVITES PORTUAIRES

Les auteurs comme Chapon (6), Krazly (17) et Bruun (18) qui ont abordé le problème de coût dans les ports ont tous reconnu que la fonction économique, pour un équipement portuaire, s'énonce comme étant la somme des coûts d'investissement, des coûts d'immobilisation et des couts d'explcitation.

L'évaluation des différents coûts varie d'une catégorie à l'autre. Ainsi. en matière des coûts d'investissement, ceux-ci sont obtenus en consultant les avant projets techniques qui ont établi les coûts de construction, d'acquisition et d'installation. Au sujet des coûts d'immobilisation, on fait appel aux théories de probabilité avec l'application des lois aléatoires sur le temps d'arrivée et le temps de service des navires quand on doit réaliser une étude de prévision des coûts fondée sur des arrivées aléatoires des navires.

On comprend que les théories probabilistes sont rendues nécessaires suite à la diversité des navires et de leur cargaison ainsi que de l'incidence des conditions océanographiques et atmosphériques sur la durée de voyage maritime. Et finalement le coût d'exploitation se calcule

en tenant compte des opérations de manutention, de déplacement au port et de stockage.

Avant de terminer cette rubrique il convient de noter que l'étude des coûts est très importante, d'une part, pour évaluer la rentabilité des équipements et des installations et, de l'autre, pour pouvoir ajuster les taxes et droits à payer par les usagers en cas de fluctuation d'un des facteurs. On peut aussi ajouter que cette étude peut permettre également de palper l'impact de la modification de la masse salariale sur le coût généralisé.

CHAPITRE III

LA CONTENEURISATION

3.1 APERCU HISTORIQUE

Le monde scientifique qui se penche sur la conteneurisation, pense que celle-ci existe depuis deux mille ans. En effet en remontant dans l'histoire, on trouve que pour transporter des bêtes entre l'Afrique et l'Europe spécialement à Rome en Italie, des grandes CAGES avaient été utilisées.

Il a fallu attendre la lente rotation des navires qui, en 1950 incita la Communauté Economique Européenne (C.E.E) à inviter l'Organisation des Nations Unies (O.N.U.) à voter une résolution demandant à tous les pays membres de se pencher sur ce problème.

"L'international Cargo Handling Coordination Association" fut alors créée pour mener des investigations

dans le domaine de commerce maritime et pour développer une science sur le fret maritime.

Bien que des lignes mer-terre commencèrent depuis 1927, le mariage entre la route et la mer a été établi seulement en 1953 quand RATH (20) forma le Trailer Marine Transportation connu sous l'appellation de T.M.T. Trailer Ferry. Cette compagnie fut la première à manipuler vers la mer en "roll-on" et vers la terre en "roll-off".

Rath, reconnu comme le grand père de la conteneurisation, a énoncé le principe de base de tout le système moderne. Le principe de Rath consiste à traduire les méthodes scientifiques en des objectifs opérationnels qui eux-mêmes consistent à minimiser les coûts économique et social du mouvement des biens d'un point à un autre. Ce principe a permis la systématisation de la conteneurisation et la coordination du transport.

3.2 DEFINITIONS

La conteneurisation consiste en une simple application des services sur un coffre portable chargé de cargo et rendu mobile comme unité pour le transport intermodal unifié.

A travers cette définition, on retient trois dimensions du problème de la conteneurisation; il s'agit de l'HOMME, de la MOBILITE DE LA MACHINE et de la BOITE UNIFIEE DANS SON MOUVEMENT GLOBAL. La coordination du problème réside dans ces trois dimensions de base.

C'est dans le but de rechercher cette coordination que tous les intervenants (ingénieurs en transport, concepteurs d'équipements, gestionnaires des ports et opérateurs maritimes) ont senti le besoin de se concerter.

A l'issue de leurs différentes rencontres est sortie la nécessité d'une part, de la détermination des surfaces transportables par les camions, les wagons de chemin de fer et les avions, et de l'autre, l'extension des aires de service.

C'est alors que l'Institut de la Conteneurisation, définira la conteneurisation comme étant l'exploitation, le regroupement d'unités multiples dans un large conteneur pour un mouvement plus efficient.

3.3 LE CONTENEUR

3.3.1 Définition et normalisation

M. J. Chapon(6) définit le conteneur comme étant un cadre métallique à parois pleines ou grillagées, démontable ou non et dont le volume varie entre cinq et soixante mètres cubes selon le type.

Depuis son apparition, le conteneur à fait l'objet de plusieurs modalités de dimensions qui, finalement, ont abouti à la normalisation (I.S.O.) (11) Le tableau 3.1 donnent les différents types de conteneurs.

TABLEAU 3.1

Types de conteneurs

TYPES	LARGEUR EN PIEDS	HAUTEUR EN PIEDS	LONGUEUR EN PIEDS
SEA LAND	8	8 à 8.5	35
MATSON	8	8 à 8.5	24
I.S.O	8	8 à 8.5	10 20 30 40

Source: Travaux maritimes tome 1 (6)

En considérant la dimension longueur, on remarque que les conteneurs normalisés sont regroupés en quatre catégories, soit de 10, de 20, de 30 et de 40 pieds.

Dans la normalisation des conteneurs, outre les caractéristiques sur le poids et le volume (tableau 3.2), des dispositifs d'accrochage sont aussi prévus pour permettre l'utilisation d'un système automatique pour la préhension et le vérouillage des conteneurs.

TABLEAU 3.2

Caractéristiques des conteneurs

LONGUEUR	VOLUME		POIDS EN KG	
	EN PIEDS CUBE	EN METRES CUBE	A VIDE	PLEIN
20	1100	31	1850	20320
30	1600	46	2600	25400
40	2050	58	4350	30480
40	2200	62	3200	30580

Source :Port Engineering (18)

3.3.2 Les avantages

L'utilisation des conteneurs offre des avantages qui ont incité la plupart des ports à se doter des postes spécialisés à la réception des navires porte-conteneurs. Ces avantages sont:

1. une possibilité de mécanisation poussée de la manutention ceci entraîne une réduction des effectifs et une facilité du travail de la main d'oeuvre portuaire.
2. une accélération de la cadence de manutention
3. une augmentation du poids spécifique des colis, ce qui entraîne une meilleure utilisation des terre-pleins et des volumes des cales des navires
4. Une diminution des sujetions de placement et d'arrimage de la cargaison dans les cales

De tous ces avantages, on tire deux conséquences très importantes; la première est la réduction du coût d'opération portuaire, et la deuxième est la réduction de la durée de stationnement des navires au port.

3.3.3 La manutention des conteneurs

On considèrera les deux aspects de manutention, c'est-à-dire celle de déchargement et chargement des navires, et l'autre celle qui s'effectue au parc à conteneurs.

En ce qui concerne les engins utilisés pour la manutention verticale lors du déchargement et du chargement des navires. les ports qui ne possèdent pas des postes spécialisés utilisent des grues de quai de forte puissance qui à certaines occasions peuvent être jumelées (figure 3.1); il arrive des moments où l'on peut utiliser des portiques spécialisées. Par contre les quais spécialisés sont dotés des portiques tours qui. en fait, ne sont installées que dès que le port est appelé à recevoir des navires spécialisés. Ces portiques sont implantés en bordure du quai et roulent sur des voies ferrées.

Il y a lieu cependant de noter que certains navires qui desservent des ports non équipés des portiques tours sont eux-mêmes pourvus des grues tours qui roulent sur le pont.

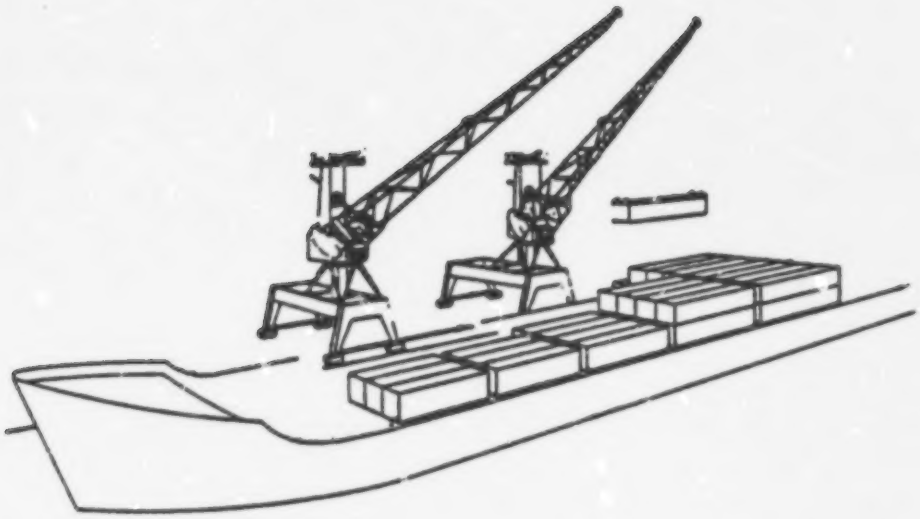


Figure 3.1: Grues jumelées
Source: Port Engineering (18)

Au début de la conteneurisation tous les porte-conteneurs étaient équipés de ce genre de grue jusqu'au moment où les ports ont senti le besoin de se doter de quais spécialisés en manutention des conteneurs.

Si la construction des postes spécialisés se justifie par le trafic, on note cependant la sous utilisation des grues tour dont l'immobilisation pendant le voyage la rend non rentable.

Enfin, en ce qui concerne la manutention des conteneurs dans les parcs, les engins couramment utilisés sont:

'. les remorqueurs tractés de type routier ou spécialement conçu pour le parc. Ceux-ci servent à approcher les conteneurs depuis le stockage jusqu'au pied du portique de transbordement et vice versa.

2. Les engins de type chariot élevateur latéraux ou à cavalier pour les opérations sur le parc et le gerbage.

Les transbordements sur le matériel ferroviaire peuvent être effectués au moyen des portiques fixes sous lesquelles sont avancés les wagons; les conteneurs sont alors déplacés du wagon sur une remorque du parc ou vice versa. La puissance de levage de ces engins peut atteindre 40 tonnes.

3.3.4 Composition d'un poste à conteneurs

D'une facon générale, les quais spécialisés pour conteneurs demandent beaucoup d'espace pour répondre à l'implantation des éléments suivants:

'. une zone bord à quai d'au moins 30 mètres de largeur équipée de voies ferrées. C'est sur cette bande que roulent les portiques tours.

2. une vaste aire de stationnement directement derrière la zone bord à quai. Dans cette aire, les conteneurs sont stockés au déchargement; ou attendent pour être embarqués. Le stockage s'effectue par chariot élevateur de type cavalier qui enjambe la charge. Le niveau de stockage peut atteindre trois à quatre couches.
3. un terrain arrière comprenant un hangar d'éclatement ou de remplissage de certains conteneurs, et un bâtiment d'exploitation.

En principe. on a deux types de postes à conteneurs comme le montre le tableau 3.3 ci-dessous. Ces postes se distinguent par la catégorie de navire à recevoir. "Les navires feeders" font la cueillette et la distribution du fret entre le port touché par les grands navires porte-conteneurs transocéaniques et les ports proches des lieux d'expédition ou de destination des conteneurs.

TABLEAU 3.3

Types de postes à conteneurs

TYPES DE NAVIRE	PROFONDEUR DU QUAI EN METRE	LARGEUR DU QUAI EN METRE	NOMBRE DE CONTENEURS
FEEDERS	150	250	DES CENTAINES
LONG COUR	300	250	1000 à 3000

Source: Travaux Maritimes tome 1 (6)

CHAPITRE IV

EVALUATION DES COUTS DANS UN TERMINAL A CONTENEURS

> C'est dans les mathématiques que réside le principe vraiment créateur. En un certain sens donc, je tiens pour vrai que la pensée pure est compétente pour comprendre le réel, ainsi que les anciens l'avaient rêvé.
>
> Albert EINSTEIN

4.1 LES MODELES D'ETUDE DES COUTS DE MANUTENTION PORTUAIRE

D'une façon générale les modèles rencontrés dans la littérature sont ceux qui s'occupent du choix modal dans le transport maritime. C'est en 1968 qu'un modèle du genre fut mis au point. Celui-ci n'étant pas applicable au transport des conteneurs. Riendeau (21), dans sa thèse de doctorat, refit en 1977 un modèle plus réaliste mais dans lequel le coût de manutention portuaire n'apparait que sous forme d'une hypothèse que l'auteur énonçait comme suit: "Le coût de manutention portuaire décroit avec le tonnage annuel manutentionné".

En 1981 Joan al Krazly (17) mit au point un modèle de calcul de coût de voyage d'un navire porte conteneurs. On retient dans ce dernier que l'auteur utilise la formule générale de calcul du coût de manutention portuaire pour évaluer le coût de transit d'une U.E.V.

M.M. Michael S. Bronzini et Robert E. Stammer,JR (5) dévéloppent en 1982 un modèle permettant de gérer un ensemble de ports appartenant à un même réseau. L'application du modèle permet d'obtenir des informations sur le remorquage des navires, le ramassage des barges et leur livraison, la distribution de la flotte, le chargement et le déchargement des barges et, finalement, sur l'accès et la distribution des remorques.

Déjà en 1974 Chapon (7) étudiait l'optimisation des équipements portuaires. A cette occasion l'auteur énoncait la fonction économique sur laqelle sont basées la plupart des études des ports.

De toutes ces études, seule celle de E. Frankel et al (13) nous intéresse particulièrement. Celle-ci avait comme objectif la minimisation du coût de manutention d'un conteneur.

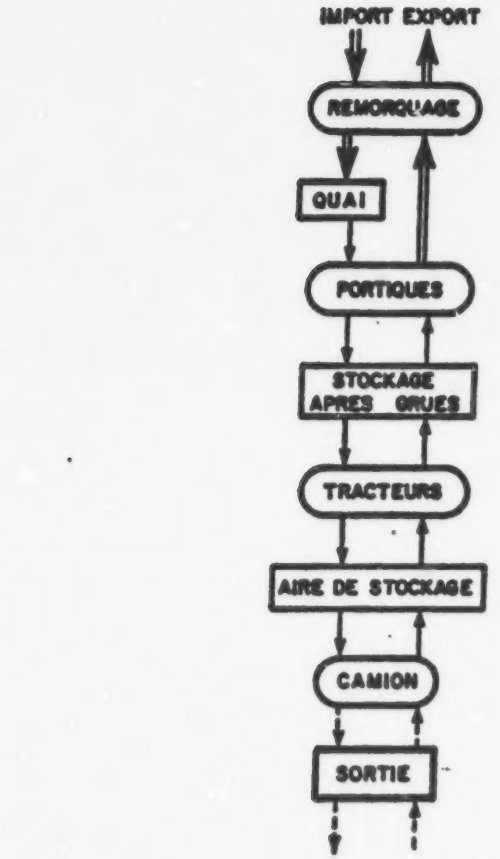
Après quelques formulations mathématiques et détermination des certaines lois de probabilité, le logiciel G.P.S.S.

(General Purpose Simulation System) a été utilisé pour calculer le coût unitaire. La simulation a été effectuée pour une certaine durée bien déterminée. La figure 4.1 reprend les éléments clé du modèle de Frankel.

Comme on le remarquera dans la suite, nous nous inspirerons de cette étude pour bâtir TRANSMAC-1. La particularité de notre modèle est qu'il s'occupe des opérations de manutention et de déplacement des conteneurs pour des navires à quai ou en attente d'un poste d'accostage (figure 4.2).

En outre, en ce qui concerne les approches, le modèle qui fait l'objet de ce travail détermine les différents paramètres dans un contexte d'importance particulière au mouvement des conteneurs dans le terminal.
C'est donc un outil de recherche des solutions ponctuelles dans le chargement et le déchargement des navires dont on va parler dans la prochaine section.

On sait qu'une mauvaise articulation des services dans un port en général et dans un terminal à conteneurs en particulier; est souvent à l'origine de la congestion pouvant conduire a l'asphixie totale du port ou du terminal.



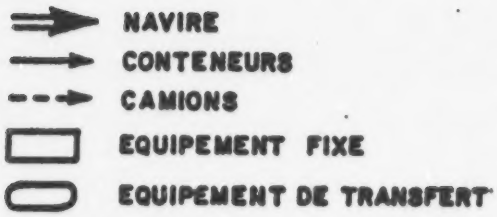


Figure 4.1: Eléments du modèle de Frankel

Source: Port design and analysis methodology (13)

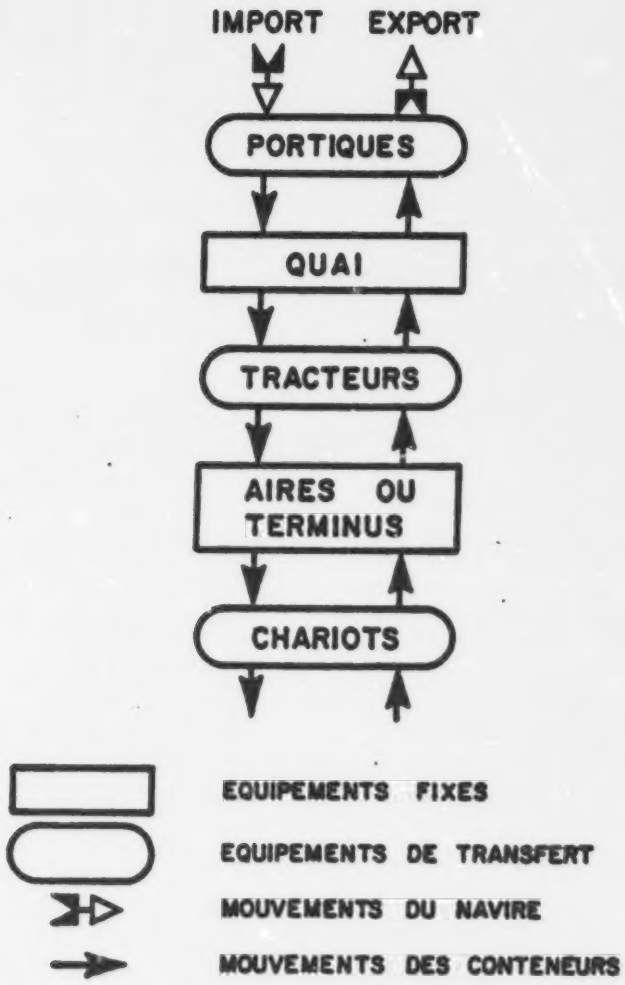


Figure 4.2: Eléments du modèle TRANSMAC-1

Pour arriver à des services au meilleur coût, il faut une meilleure utilisation de l'équipement et de l'outillage portuaire qui elle même (l'utilisation) appelle des outils de planification très adaptés.

4.2 TRANSMAC-1

4.2.1 Le but du modèle

Nous avons mentionné que des services mal articulés peuvent engendrer la congestion portuaire qui parfois débouche sur une paralysie complète des installations. Un des signes précurseurs de cette congestion est la présence de quelques navires en attente dans les bassins d'eau. C'est à ce moment que se pose le problème de la stratégie à prendre pour normaliser la situation.

Mieux encore, tout bon gestionnaire n'attendra jamais que l'opération portuaire devienne critique avant de chercher une stratégie. En effet, lorsqu'un navire mouille à quai, les autorités du poste cherchent à déterminer la meilleure stratégie pouvant permettre une meilleure utilisation des équipements, de l'outillage et du personnel.

Ainsi, étant donné un certain nombre de navires porte-conteneurs en attente d'un poste d'accostage, TRANSMAC-1 est maintenant disponible pour aider le gestionnaire portuaire à déterminer l'offre de service réquise pour accommoder un ou plusieurs navires par l'application d'un certain nombre de scénarios. Le modèle se doit de déterminer le nombre d'engins de manutention,

d'en évaluer le coût d'utilisation, les indicateurs de performance et aussi l'impact de la variation d'un de ces facteurs des opérations de transit des conteneurs.

4.2.2 Nature du modèle

Le modèle se présente sous forme d'un logiciel qui informatise le cycle d'accommodation d'un porte-conteneurs en fonction de certaines données de temps, spécialement le cycle de la grue ou du portique tour et d'autres données que nous identifierons dans la suite.

Le calcul s'effectue en suivant le mouvement de chaque conteneur depuis l'accrochage du palonnier jusqu'au stockage par chariot en passant par toutes les étapes du cycle d'accommodation.

4.2.3 Principe

Le principe de TRANSMAC-1 est celui d'un modèle par itérations successives c'est-à-dire qu'on essaiera de varier les paramètres du système jusqu'au moment où on trouvera un coût unitaire jugé satisfaisant.

La meilleure stratégie d'accommodation pour les autorités portuaires lorsqu'un navire accoste, est celle qui engendre le coût le plus bas. Le principe d'utilisation de TRANSMAC-1 (figure 4.3) consiste à réaliser les quatre étapes suivantes:

1. générer un scénario d'accommodation possible et préparer toutes les données nécessaires au fonctionnement du logiciel,
2. traiter des données,
3. examiner les résultats du programme et
4. choisir le scénario préférable.

Le modèle se prête facilement à l'établissement de plusieurs scénarios en fonction des différents paramètres disponibles. Le processus se termine dès que l'on estime avoir obtenu un résultat meilleur soit en fonction du coût soit en fonction des équipements.

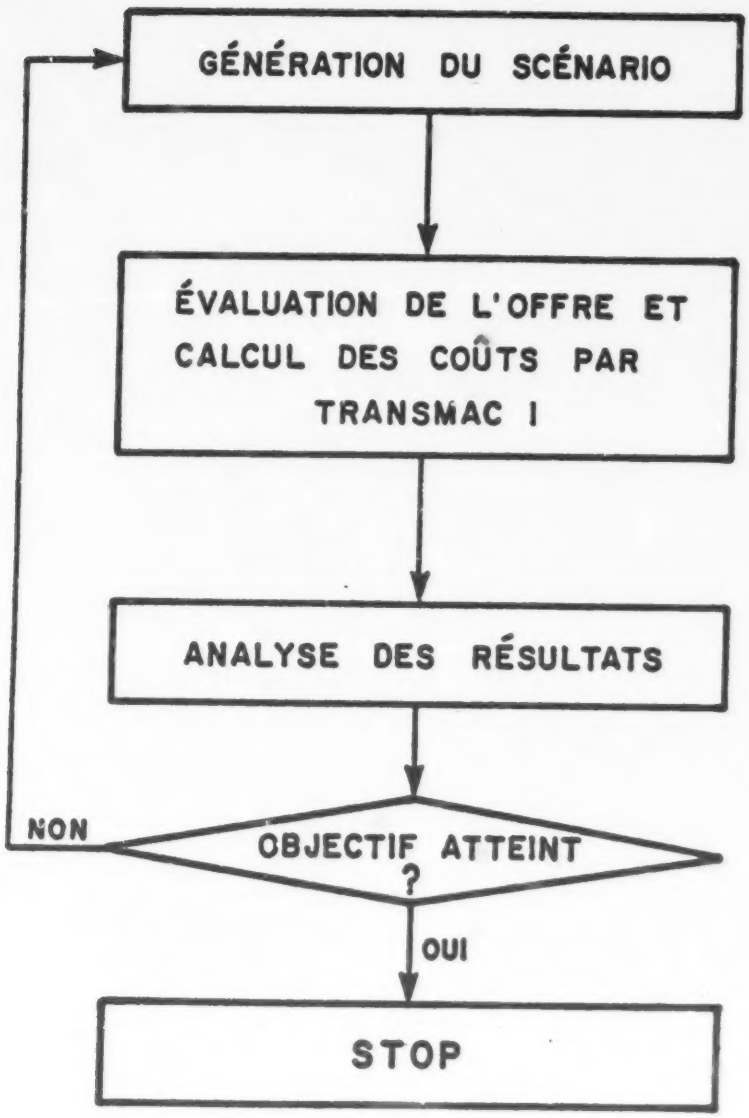


Figure 4.3: Principe d'un modèle par itérations

4.2.4 Hypothèses de base

Certaines hypothèses se sont averées nécessaires pour bâtir le modèle TRANSMAC-1. Ces hypothèses sont les suivantes:

1. une opération normale excluant le bris d'équipement, la panne et la fatigue de la main d'oeuvre.
2. le maintien d'un cycle constant pour les grues ou les portiques,
3. le maintien d'une vitesse constante pour les tracteurs et les chariots,
4. l'utilisation des temps moyen pour l'accès. le desarrimage, l'entretien, l'arrimage et la sortie du navire;
5. finalement, un système de livraison porte à porte.

Cette dernière hypothèse exclut toute manoeuvre de remplissage et d'éclatement des conteneurs dans le terminal.

4.2.5 Fonctionnement

Le modèle traite NB navires (50 au maximum) dans un terminal ayant NP postes d'accostage (10 au maximum).

Les navires sont identifiés par des numéros leur attribués selon leur ordre d'arrivée. Chaque poste porte également un numéro.

Le principe de réception des navires est celui premier arrivé premier servi (" FIFO : FIRST IN FIRST OUT"). Ainsi en fonction des temps d'occupation TOC_{ij} des postes i par les navires j, une matrice (I,J) de distribution des navires aux différents postes d'accostage est établie.

Cette matrice est composée des zéros et des numéros des navires. L'élement zéro signifie que la combinaison (i.j) n'existe pas, ou mieux encore, le navire j n'a pas été reçu au poste i.

Dès que cette matrice de distribution est établie. le modèle détermine l'offre de service pour chaque navire. Cette détermination est faite en fonction de du cycle CG_i (temps nécessaire pour décharger un conteneur) des portiques et du nombre de portiques NG_i du poste i.

Etant donné le chargement toujours équilibré des navires, une distribution proportionnelle de la cargaison est faite entre les portiques disponibles.

Ainsi d'une façon générale il suffira de déterminer l'offre de service pour chaque portique pour en déduire celle du poste en fonction du nombre de portiques ouverts.

Le terme "offre de service" utilisée ci-dessus représente essentiellement le nombre de tracteurs (NT_{ij}). le nombre de chariots (NC_{ij}) dont le poste i a besoin pendant l'accommodation du navire j.

Après détermination des paramètres associés à ces engins (temps de service. nombre de voyages et kilométrage). le modèle calcule alors les indicateurs de la demande (nombre de conteneurs nombre d'unités équivalentes de vingt pieds (U.E.V) et tonnage) par navire, par poste et pour l ensemble du terminal. La même démarche est utilisée pour calculer les coûts et les différents impacts.

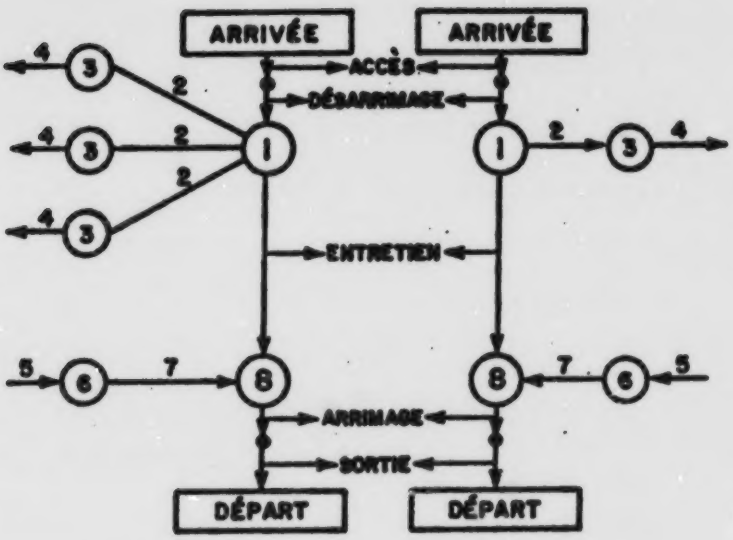
4.2.6 Génération d'un scénario

Il s'agit de définir toutes les données nécessaires pour la détermination de l offre de service. Ces données, sont regroupées en deux catégories; ce sont:

1. Les données sur la demande (le navire et sa cargaison)
2. les données sur l'offre de service: certaines spécifications sur le terminal et tout l'équipement impliqué dans le cycle d'accommodation (nombre de grues disponibles, cycle d'une grue, vitesse commerciale des tracteurs et des chariots. distances entre différentes aires)

4.2.7 Evaluation de l'offre de service

Il s'agit d'établir ici les paramètres d'utilisation des engins et des équipements dont on a besoin pour chaque activité décrite aux figures 4.4 a et b. Par paramètres il faut entendre en particulier, le nombre d'engins et leur temps d'utilisation; ces valeurs entrent dans le calcul des coûts.



a) cas d'un port de transit b) cas d'un port de marché

Figure 4.4: Activités d'un cycle d'accommodation

1= déchargement du navire.

2= transport du quai vers les aires et les terminus.

3= déchargement des remorques/chassis.

4= transport vers le lieu de stationnement ou vers un wagon.

5= transport vers les remorques/chassis.

6= chargement de la remorque.

7= transport vers le quai.

8= chargement du navire.

4.2.7.1 Activités 1 et 8

Elles consistent respectivement à décharger et à charger le porte-conteneurs. Notre tâche revient à déterminer le temps de déchargement " TDN_{ij} " et le temps de chargement " TCN_{ij} " des navires. Ces temps sont fonction du cargo import (COI_j), du cargo export (COE_j). du cycle des grues (CG_i) et du nombre de grues disponibles (NG_i).

$$TDN_{ij} = COI_j * CG_i / NG_i$$

$$TCN_{ij} = COE_j * CG_i / NG_i$$

où :

TDN_{ij} = temps de déchargement (en minutes) du navire j au poste i.

TCN_{ij} = temps de chargement (en minutes) du navire j au poste i.

CCI_j = nombre de conteneurs du navire j à l'importation,

CCE_j = nombre de conteneurs du navire j à l'exportation,

CG_i = cycle d'un portique (en minutes) au poste i

NG_i = nombre de portiques au poste i.

4.2.7.2 Activités 2, 4, 5 et 7

Celles-ci portent sur le transport des conteneurs vers les aires et les terminus selon qu'on se trouve dans un port de marché ou dans un port de transit.

On doit déterminer ici le nombre d'engins nécessaires aux opérations, leur nombre de voyages, ainsi que le temps que chaque engin passe dans le système. Selon le cas, ces engins peuvent être des tracteurs à remorques ou à chassis ou des chariots.

Tous les calculs sont basés sur la durée " DE_{ik} " de voyage d'un engin. Cette durée permet, en utilisant le diagramme distance/temps (figure 4.5), de déterminer le nombre d'engins nécessaires, le nombre de voyages et le temps de service.

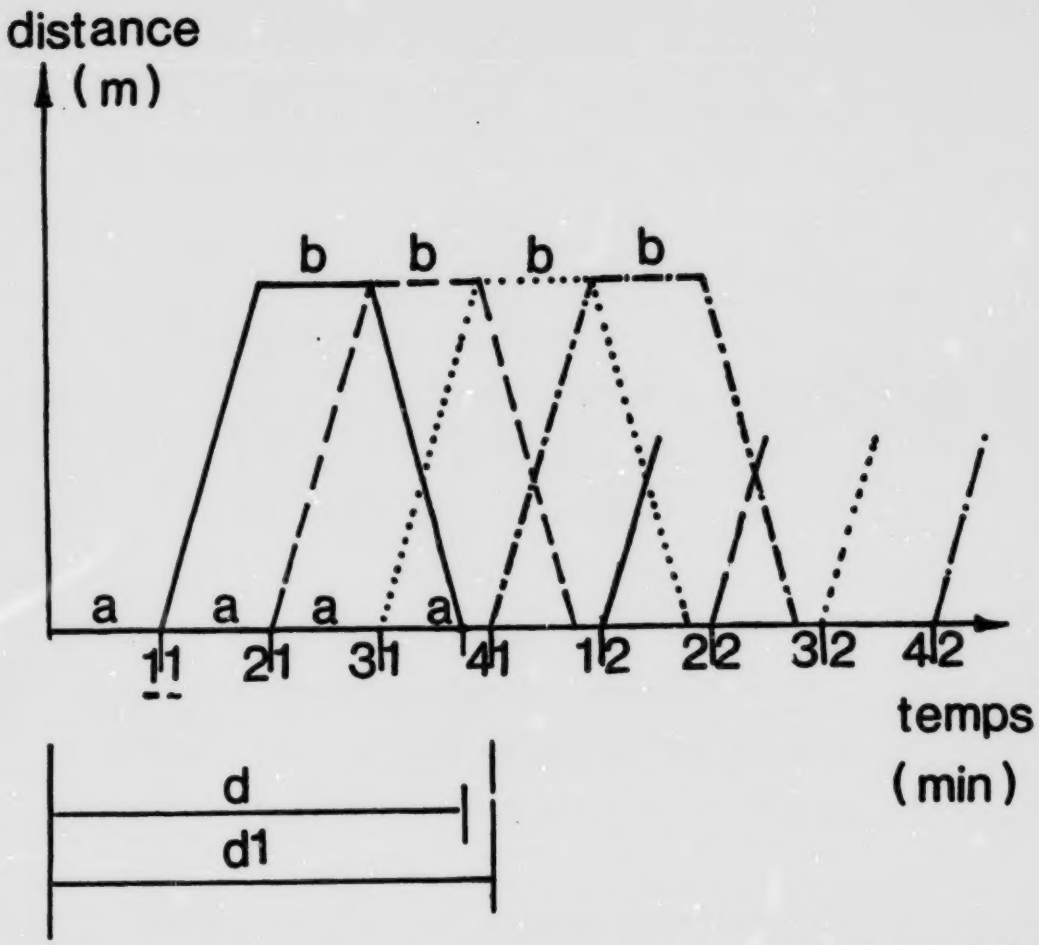
$$DE_{ik} = TCT_i + D_{ik} / (V * 60) + TDT_i$$

$$TCT_i = CG_i * R$$

$$TDT_i = CG_i * R$$

dans lesquelles:

DE_{ik} = durée d'un voyage (en minutes) d'un tracteur affecté au poste i pour le cas k,



a = TCT_i = temps de chargement (en minutes) d'un tracteur au poste i,

b = TDT_i = temps de déchargement (en minutes) d'un tracteur au poste i,

d = DE_{ik} = durée d'un voyage (en minutes) d'un tracteur

d1 = $DE1_{ik}$ = temps de service (en minutes) pour un voyage d'un tracteur,

-: numéro d'engin mis en service.

-: numéro du voyage d'un engin.

Figure 4.5: Diagramme distance/temps

TCT_i = temps de chargement (en minutes) d'un tracteur au poste i.

TDT_i = temps de déchargement (en minutes) d'un tracteur au poste i.

D_{ik} = distance (aller et retour) en mètres pour les cas

a) Cas d'un port de marché

k=1 : aire de stationnement

k=2 : aire de préembarquement.

b) Cas d'un port de transit

k=1 : terminus routier

k=2 : terminus ferroviaire

k=3 : terminus fluvial

k=4 : aire de préembarquement.

V = vitesse commerciale des tracteurs (mètres/seconde),

CG_i = cycle d'un portique (en minutes) au poste i,

R = capacité des chassis en nombre de conteneurs.

On distingue deux cas pour la détermination des temps de chargement et de déchargement des tracteurs.

1. - Cas des tracteurs à chassis.

Les temps TCT_i et TDT_i sont respectivement égaux au temps de chargement des chassis à quai et au temps de leur déchargement à l'un des terminus ou à l'aire de stationnement à l'import; et inversement pour l'export. Ils sont obtenus par les formules déterminées ci-dessus.

2. - Cas des remorques tractées.

Ces temps se résument au temps d'emboîter et de lâcher les dispositifs de liaison entre remorques et tracteurs. Leurs valeurs sont obtenues dans les caractéristiques d'utilisation.

Le calcul du nombre d'engins revient à compter le nombre d'engins différents mis en service à partir du temps zéro jusqu'au moment où le premier engin est réutilisé. Le temps zéro est le début des opérations de transport des conteneurs du quai vers les aires ou les terminus; ou vice versa pour l'exportation. A partir des éléments précédents, les formulations suivantes ont été établies.

$$NT_{ik} = INT\ (DE_{ik} / TCT_{i} + 0.9)$$

$$VTOT_{ijk} = INT\ (CO_{jk} / (R * NT_{ijk}) + 0.9)$$

$$VE_{ijk\ell} = INT\ (VTOT_{ijk} / NT_{ijk}) + DIF$$

$$DIF = 0 \text{ si } i > MOD\ (VTOT_{ijk} / NT_{ijk})$$

$$DIF = 1 \text{ si } i < MOD\ (VTOT_{ijk} / NT_{ijk})$$

$$HT_{ijk} = DE1_{ik} * VTOT_{ijk} / 60$$

$$HE_{ijk} = DE1_{ik} * VE_{ijk\ell} / 60$$

$$KT_{ijk} = D_{ik} * VTOT_{ijk} / 1000$$

$$KE_{ijk\ell} = D_{ik} * VE_{ijk\ell} / 1000$$

où :

NT_{ijk} = nombre de tracteurs de l'aire k pour le navire j au poste i,

DE_{ik} = durée d'un voyage (en minutes) d'un tracteur

DE'_{ik} = temps de service (en minutes) pour un voyage d'un tracteur,

$= R * NT_{ijk}$

du poste i allant à l aire k

TCT_i = temps de chargement (en minutes) d'un tracteur au poste i,

$VTCT_{ijk}$ = nombre de voyages qu'effectuent les tracteurs vers l'aire k pour le navire j au poste i.

CC_{jk} = nombre de conteneurs destinés à l'aire k pour le navire j au poste i,

$VE_{ijk\ell}$ = nombre de voyage du tracteur l allant à l'aire k pour le navire j au poste i,

HT_{ijk} = temps de service (en heures) de tous les tracteurs de l'aire k pour le navire j au poste i,

$HE_{ijk\ell}$ = temps de service (en heures) du tracteur l de l'aire k pour le navire j au poste i.

KT_{ijk} = kilométrage réalisé par tous les tracteurs de l'aire k pour le navire j au poste i,

$KE_{ijk\ell}$ = kilométrage réalisé par le tracteur l de l'aire k pour le navire j au poste i,

Les paramètres associés au nombre de chariots nécessaires pour décharger un chassis sont obtenus de la même manière que la procédure exposée pour la détermination du nombre des tracteurs.

$$VC_i = R$$

$$I = CG_i$$

$$NC_i = INT\ (DC / I + 0.9)$$

$$HC_i = DC * VC_i / 60$$

$$KC_i = DP * VC_i / 1000$$

$$DC = TCC_i + DP / (V * 60) + TDC_i$$

où :

NC_i = nombre de chariots nécessaires pour décharger un chassis au poste i.

DC = durée d'un voyage (en minutes) dans l'aire pour le décharger un conteneur,

DP = distance aller retour (en mètres) à parcourir par le chariot dans l'aire,

TCC_i = temps (en minutes) de chargement d'un chariot

TDC_i = temps (en minutes) de déchargement d'un chariot.

VC_i = nombre de voyages pour décharger un chassis,

R = capacité d'un chassis en nombre de conteneurs,

CG_i = cycle d'un portique (en minutes),

HC_i = temps (en heures) d'utilisation des chariots pour décharger un chassis ou charger un chassis

I = intervalle d'évacuation des conteneurs au poste i.

KC_i = kilométrage des chariots pour décharger ou pour charger un chassis.

4.2.8 Evaluation du coût d'opération

La fonction économique de l'opération portuaire est donnée par l'une des relations suivantes selon que l'on examine l'activité portuaire par navire, par poste ou pour tout le terminal.

$$CCN_{ij} = CEX_{ij} + CINV_{ij} + CIM_{ij}$$

$$COP_i = \sum_{j=1}^{NB} CCN_{ij} \qquad \text{pour } (i,j) \neq 0$$

$$CCT = \sum_{i=1}^{NP} \sum_{j=1}^{NB} CCN_{ij} \qquad \text{pour } (i,j) \neq 0$$

où :

CON_{ij} = coût d'opération (en \$)du poste i suite à la réception du navire j

COP_i = coût total (en \$) d'opération du poste i

CCT = coût total (en \$) d'opération du terminal.

NP = nombre de postes d'accostage,

NB = nombre de navires,

CEX_{ij} = coût d'exploitation (en \$) du poste i suite à la réception du navire j,

$CINV_{ij}$ = coût d'investissement (en \$) du poste i suite à la réception du navire j,

CIM_{ij} = pénalité (en $) du poste i suite à l'attente du navire j,

(i,j) = élément de la matrice d'occupation des postes.

4.2.8.1 Coût d'exploitation

Le coût d'exploitation CEX_{ij} englobe les coûts de manutention c'est-à-dire de déchargement et de chargement des navires) et les ccûts de déplacement des conteneurs dans le terminal.

En utilisant les éléments calculés au paragraphe sur l'offre de service, on trouve les valeurs des coûts. Ainsi on a:

$$CEX_{ij} = (CM_{ij} + CD_{ij}) * NG_i$$

$$CM_{ij} = cg\ (\ TDN_{ij} + TCN_{ij}\ )\ /\ 60 + cc * A$$

$$A = \sum_{k=1}^{M} HT_{ijk} * NC$$

$$CD = ct * \sum_{k=1}^{M} HT_{ijk}$$

où :

CM_{ij} = coût de manutention (en $) par portique pour

le navire j au poste i,

CD_{ij} = coût de déplacement (en $) par portique pour le navire j au poste i.

TDN_{ij} = temps de déchargement (en minutes) du navire j au poste i,

HT_{ijk} = temps de service (en heures) des tracteurs,

TCN_{ij} = temps de chargement (en minutes) du navire j au poste i

cg = coût horaire (en $) d'opération des portiques,

ct = coût horaire (en $) d'opération des tracteurs,

cc = coût horaire (en $) d'opération des chariots

M = nombre de destinations des conteneurs selon qu'on est dans le port de marché (M=2) ou dans le port de transit (M=4)

4.2.8.2 Coût d'immobilisation

Le coût d'immobilisation des navires, tel qu'il a été envisagé dans cette étude, est le prix à payer par le gestionnaire, suite à l'attente des navires au large. Dans ce travail, cela ne peut se produire que lorsqu'on veut traiter plusieurs navires avec un nombre réduit de postes d'accostage disponibles. Ce coût pour chaque navire est:

$$CIM_{ij} = cat * TAT$$

où CIM_{ij} = pénalité en $ du poste i suite la période

d'attente du navire j

cat = coût horaire d'attente en $

TAT = temps d'attente en heures.

Son estimation sera exposée au chapitre sur les indicateurs de performance.

4.2.8.3 Coût d'investissement

Il est associé à l'utilisation des équipements, des engins et des différents terminus et aires du terminal. Il tient compte du coût d'acquisition et du temps d'utilisation. Il concerne l'amortissement et la dépréciation des équipements. Ce coût pour chaque équipement est:

$$CINV_{ij} = \sum_{l=1}^{ll'} CI_l$$

$$CI_l = N_l * (CA_l * (1-A') * A2 * TU_l / 1440) / (365 * P)$$

$$A' = (t * (1 + t)^P) / ((1+t)^P - 1)$$

$$A2 = ((1 + t)^P - 1) / (t * (1+t)^P)$$

CI_l = coût d'investissement pour l'équipement l

N_l = nombre d'équipements de catégorie l,

CA_ℓ = coût d'acquisition d'un équipement de catégorie 1,

TU_ℓ = temps d'utilisation d'un équipement de catégorie 1,

A1 = facteur d'amortissement,

A2 = facteur de dépréciation,

P = âge de l'équipement,

t = taux d'intérêt,

Les valeurs de N_ℓ et TU_ℓ correspondent aux cas suivant:

	" N_ℓ "	" TU_ℓ "
$l = 1$: Quai	1	TOC_{ij}
$l = 2$: portique	NG	"
$l = 3$: aire de stationnement	1	"
$l = 4$: aire de préembarquement	1	"
$l = 5$: terminus routier	1	"
$l = 6$: terminus ferrov.	1	"
$l = 7$: terminus fluvial	1	"
$l = 8$: tracteurs	$\sum_{k=1}^{M} NT_{ijk}$	$\sum_{k=1}^{M} HT_{ijk}$
$l = 9$: chassis	$\sum_{k=1}^{M} NT_{ijk}$	$\sum_{k=1}^{M} HT_{ijk}$
$l = 10$: remorques	NR	$\sum_{k=1}^{M} HT_{ijk} * NR$
$l = 11$: chariots	NC_i	$\sum_{k=1}^{M} VT_{ijk}$

Avec NR = $NT_{ijk}+2$

M = 2 pour le port de marché

M = 4 pour le port de trnansit

TOC_{ij} = temps d occupation du terminal (calculé plus tard)

L'enalyse se fait sur une période de quinze ans pour les petits engins, et de trente ans pour les aires et les équipements lourds.

4.2.9 Evaluation des indicateurs de performance

4.2.9.1 Calcul du nombre de conteneurs

Il est nécessaire pour un gestionnaire de connaître le nombre de conteneurs transités par chaque poste. Ce nombre de conteneurs par navire par poste et au terminal est déterminé en appliquant respectivement les relations suivantes.

$$CN_{ij} = CCI_j + COE_j$$

$$CP_i = \sum_{j=1}^{NB} CN_{ij} \qquad \text{pour } (i,j) \neq 0$$

$$CT = \sum_{i=1}^{NP} \sum_{j=1}^{NB} CN_{ij} \qquad \text{pour } (i,j) \neq 0$$

CN_{ij} = nombre de conteneurs du navire j au poste i

CP_i = nombre de conteneurs du poste i

CT = nombre de conteneurs du terminal,

NP = nombre de postes d'accostage,

NB = nombre de navires à traiter,

(i,j)= élément de la matrice de distribution des navires.

4.2.9.2 Calcul du nombre de U.E.V.

U.E.V. (Unité Equivalente de Vingt pieds) est l'unité standarde utilisée dans la conteneurisation. tous les calculs y sont ramenés.

$$EN_{ij} = K1_j * COI_j + K2_j * COE_j$$

$$EP = \sum_{j=1}^{NB} EN_{ij} \qquad \text{pour } (i,j) \neq 0$$

$$ET = \sum_{i=1}^{NP} \sum_{j=1}^{NB} EN_{ij} \qquad \text{pour } (i,j) \neq 0$$

EN_{ij} = nombre de conteneurs du navire j au poste i,

EP_i = nombre de conteneurs du poste i

ET = nombre de conteneurs du terminal,

NP = nombre de postes d'accostage

NB = nombre de navires à traiter,

(i,j)= élément de la matrice de distribution des navires.

$K1_j$ = proportion en % des conteneurs de 40 pieds à l'importation

$K2_j$ = proportion en % des conteneurs de 40 pieds à l'exportation.

4.2.9.3 Calcul du tonnage

La distribution de British Ports Association (4) représentée au tableau 4.1 a été utilisée pour déterminer le tonnage par navire. Ce dernier permet de calculer le poids transité par chaque poste et par l'ensemble du terminal. Pour trouver le poids par navire, par poste et pour l'ensemble du terminal, il suffit d'appliquer les relation suivantes.

$$PN_{ij} = COI_j * \sum_{l=1}^{35} p_{kl} * f_{kl} / 100 + COE_j * \sum_{l=1}^{35} p_{kl} * f_{kl} / 100$$

$$PP_i = \sum_{j=1}^{NB} PN_{ij} \qquad \text{pour } (i,j) \neq 0$$

$$PT = \sum_{i=1}^{NP} \sum_{j=1}^{NB} PN_{ij} \qquad \text{pour } (i,j) \neq 0$$

PN_{ij} = tonnage pour le navire j au poste i.

PP_i = tonnage transité au poste i,

PT = tonnage du terminal,

NP = nombre de postes d'accostage,

NB = nombre de navires à traiter,

(i,j)= élément de la matrice de distribution des navires.

p_{kl}= tonnage observé pour le cas l avec k % de 40 pieds,

f_{kl}= probabilité d'observer p_{kl} tonnage pour le cas l.

TABLEAU 4.1

Table de la distribution du poids des conteneurs

Poids en kg	Proportion des conteneurs des 40 pieds / 20 pieds				
	100/0	60/40	50/50	40/60	0/100
0	0,00	0.00	0,00	0,00	0,00
1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2000	0,00	0,18	0,23	0,28	0,46
3000	0,00	0,60	0,74	0,89	1,49
4000	0,18	1,29	1,57	1,84	2,95
5000	0,53	1,90	2,25	2,59	3,96
6000	0,98	2,17	2,46	2,76	3,94
7000	1,37	2,41	2,67	2,93	3,97
8000	2,60	3,05	3,16	3,27	3,72
9000	2,82	3,05	3,11	3,17	3,41
10000	3,30	3,44	3,48	3,52	3,66
11000	4,43	4,28	4,24	4,20	4,04
12000	5,73	5,24	5,12	4,99	4,50
13000	5,12	4,83	4,76	4,69	4,41
14000	5,85	5,38	5,26	5,14	4,67
15000	4,58	5,12	5,21	5,29	5,63
16000	5,22	5,58	5,67	5,76	6,13
17000	5,45	5,75	5,83	5,91	6,21
18000	5,55	5,91	6.00	6,10	6,46
19000	6,08	6,68	6,83	6,98	7,58
20000	7,67	8.28	8,43	8,58	9,19
21000	10,40	8,93	8,56	8,19	6,72
22000	9,95	7,60	7,02	6,43	4,08
23000	5,53	4,31	4,00	3,69	2,47
24000	2,75	1,75	1,50	1,25	0,24
25000	0,95	0,63	0,55	0,47	0,15
26000	0,67	0,40	0,33	0,27	0.00
27000	0,72	0,43	0,36	0,29	0.00
28000	0,53	0,32	0,27	0,21	0,00
29000	0,43	0,26	0,22	0,17	0,00
30000	0,28	0,17	0,14	0,11	0,00
31000	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00
32000	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00
33000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
34000	0,05	0,03	0,02	0,02	0,00

Source: British Ports Association (4)

4.2.9.4 Temps d'occupation du terminal

On entend par temps d'occupation du terminal, la durée générale écoulée depuis le début des manoeuvres d'accès au poste jusqu'au moment où le navire est entièrement hors de la portée de ce dernier; et qu'un autre navire peut être appelé pour être servi.

$$TOC_{ij} = TM_{ij} + TDN_{ij} + TCN_{ij}$$

$$TM_{ij} = TAC_j + TDS_j + TEN_j + TAR_j + TS_j$$

TOC_{ij} = temps d'occupation (en minutes) du poste i par le navire j,

TM_{ij} = somme de temps moyens (en minutes) qui ne dépendent que du navire

TDN_{ij} = temps de déchargement (en minutes) du navire j au poste i,

TCN_{ij} = temps de chargement (en minutes) du navire j au poste i.

TAC_j = temps d'accès du navire j (en minutes)

TDS_j = temps de désarrimage du navire j (en minutes)

TEN_j = temps d'entretien du navire j (en minutes)

TAR_j = temps d'arrimage du navire j (en minutes)

TS_j = temps de sortie du navire j (en minutes)

4.2.9.5 Temps d'attente

Il est obtenu par la sommation des temps d'occupation du poste par tous les navires servis avant. On a donc:

$$TAT_{ij} = \sum_{n=1}^{j-1} TOC_{in} / 60 \quad \text{pour } j > 1$$

TAT = temps d'attente (en heures) du navire j au poste i.

4.2.9.6 Productivité du terminal

Il s'agit de connaître le nombre de conteneurs, de U.E.V.. et de tonnes par unité de temps d'occupation du quai. Il suffit donc de diviser les valeurs correspondantes calculées aux paragraphes précédents par le temps enregisté. Cette productivité est en unité correspondante (conteneur, U.E.V., tonne) par minute.

4.2.9.7 Indices des coûts

Il représentent le coût d'opération par unité de temps, de poids ou de boîte. Dans le cadre de cette étude on utilise le coût par heure d'utilisation du terminal, par tonnage transité par le terminal, par nombre de conteneurs reçus et par le nombre de U.E.V. correspondant.

4.2.10 Le logiciel

Toutes les formulations établies précedemment ont permis de bâtir le logiciel TRANSMAC-1 (ANNEXE A). C'est un logiciel modulaire constitué d'un programme principal et de neuf sous routines. La programmation a été faite en Fortran IV. Chaque module a une vocation spécifique comme on le verra dans la suite.

La figure 4.6 représente le programme principal et reprend globalement la démarche que suit TRANSMAC-1 pour établir le coût d'une stratégie d'accommodation.

A partir d'un certain nombre de données qui constituent un scénario et qu'on retrouve dans la routine 'DATA', le sous programme 'DISTRI' établit la matrice d'utilisation des postes d'accostage en fonction du temps d'occupation du terminal que calcule la routine 'TEMPS'. TRANSMAC-1 détermine l'offre de service par les routines 'STEVED' et 'TRANS'; il calcule les indicateurs de performance (routine 'INDICE'), les coûts (routine 'ECONO') et finalement si nécessaire, il examine l'impact de la variation de quelques paramètres (routine 'IMPACT'); et imprime le tout ou une partie des résultats (routine 'PRINT').

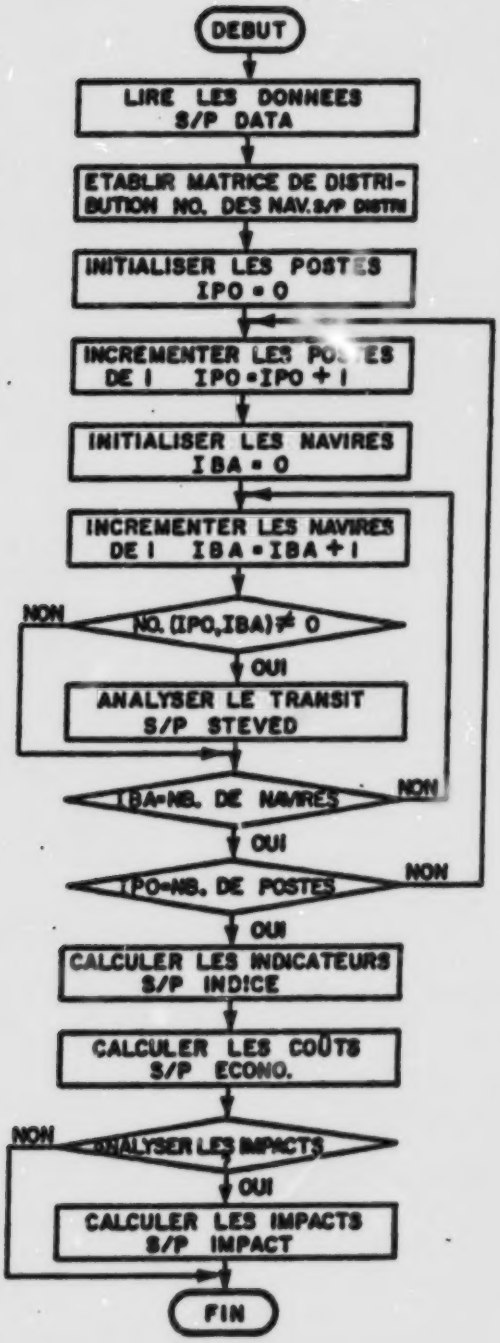


Figure 4.6: Transmac-1

Toutes les données sont rassemblées en 15 groupes (tableau 4.2). Elles sont toutes entrées en format libre. En s'inspirant du tableau 4.2, les quinze groupes peuvent être décrits de la manière suivante.

1. Groupe 1

   1A: nombre de navires à traiter,

   1B: nombre de postes disponibles.

2. Groupe 2

   2A: numéro du navire,

   2B: cargaison import,

   2C: cargaison export,

   2D: pourcentage des conteneurs de 40 pieds a l'import,

   2E: pourcentage des conteneurs de 40 pieds a l'export,

   2F: capacitè du navire.

   2G: pourcentage des conteneurs allant au terminus routier,

   2H: pourcentage des conteneurs allant au terminus ferroviaire,

   2I: pourcentage des conteneurs allant au terminus fuvial.

3. Groupe 3

   3A: numéro du poste,

TABLEAU 4.2

Table des données

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

3B: longueur du quai en mètres,

3C: cycle d'une grue en minutes,

3D: nombre de grues pour le poste,

3E: coût d'acquisition d'une grue en dollars,

3F: salaire horaire d'une équipe à la grue en dollars,

3G: distance du quai à l'aire de préembarquement en mètres,

3H: distance du quai à l'aire de stationnement en mètres,

3I: distance du quai au terminus routier en mètres,

3J: distance du quai au terminus ferroviaire en mètres,

3I: distance du quai au terminus fluvial en mètres,

4. Groupe 4: nombre de U.E.V. annuelles

4A: à l'aire de stationnement,

4B: à l'aire de préembarquement,

4C: au terminus routier,

4D: au terminus ferroviaire,

4E: au terminus fluvial.

5. Groupes 5 et 6: les traceurs et les chariots.

A: temps de chargement en minutes,

B: temps de déchargement en minutes,

C: vitesse en mètre/seconde,

D: salaire horaire de l'équipe (en dollars).

6. Groupes 7, 8, 9, 10, 11, 12 et 13: elles concernent respectivement le coût horaire d'attente des navires, le droit d'entrée des navires, le temps d'entrée, le temps de désarrimage, le temps d'entretien, le temps d'arrimage et le temps de sortie. Les coûts sont en dollars tandis que les temps en minutes. Ces paramètres sont tous donnés en fonction de la capacité des navires.

   A: 200 - 1000 U.E.V.

   B: 1000 - 2500 U.E.V.

   C: 2500 - 3000 U.E.V.

7. Groupe 14: données générales.

   14A: coût de construction du quai en dollar par mètre linéaire,

   14B: taux d'intérêt,

   14C: mode de transport; si par chassis on utilise la valeur 1 sinon alors 0 si par remorques.

   14D: capacité des chassis/remorques,

   14E: prix d'une remorque/chassis,

   14F: âge du terminal.

8. Groupe 15: données d'impression des résultats. Les variables prennent les valeurs 1 ou zéro selon que l'on veuille ou pas imprimer les valeurs correspondantes.

   15A: sur les données,

   15B: sur l'offre de service,

   15C: sur les indicateurs de performance,

   15D: sur les coûts,

   15E: sur l'analyse des impacts.

L'impression des résultats se fait en quatre groupes distincts, soit les données, l'offre de service, les indicateurs de performance et les coûts • comme on peut le voir à l'annexe B où nous reprenons tous les résultats du scénario 1.

Les données sont reproduites dans l'odre où elles sont rentrées dans le programme.

L'offre de service donne les informations sur l'utilisation des postes d'accostage (destination de chaque navire. son temps de déchargement, son temps de chargement ainsi que celui d'occupation du quai); l'utilisation des engins de manutention (pour chaque poste et pour chaque navire; le nombre de tracteurs ainsi que le nombre de

voyages, le kilométrage et le temps passé dans le système par chaque engin).

Les indicateurs de performance sont produits pour chaque poste, chaque navire et pour l'ensemble du terminal; il s'agit du nombre de conteneurs import-export, des U.E.V. import-export, du tonnage, du temps d'occupation du terminal et des productivités (conteneurs/minute, U.E.V./minute, tonne/minute).

Les éléments de l'analyse économique sont aussi calculés pour chaque navire, chaque poste et pour l'ensemble du terminal. On obtient ainsi les coûts de manutention, de déplacement, d'exploitation, d'immobilisation, d'investissement et d'opération. On y trouve aussi les coûts d'opération par conteneur, par U.E.V., par tonne et par heure.

CHAPITRE V

EXPERIMENTATION

Les données de base utilisées et requises pour l'application de ce modèle proviennent de deux sources, soit: le port de Montréal et une revue de la littérature comme on le verra dans la suite.

Quatre scénarios ont été examinés dans le cadre de cette étude dont deux pour le port de marché et les deux autres pour le port de transit. On a cherché à déterminer le coût d'une stratégie d'accommodation d'un navire au chargement équilibré de 1750 conteneurs dans un poste équipé de deux portiques.

Les différents scénarios sont:

1. port de marché avec utilisation des remorques,
2. port de marché avec utilisation des chassis,
3. port de transit avec utilisation des remorques,
4. port de transit avec utilisation des chassis,

Dans la partie réservée aux impacts nous analyserons les effets de la variation de la vitesse des tracteurs, du cycle des grues, du nombre des grues et de la capacité des chassis (remorques).

5.1 LES DONNEES DU PORT DE MONTREAL

5.1.1 Généralités

Le port de Montréal est un port maritime situé à quelques centaines de kilomètres de l'embouchure du fleuve Saint Laurent. Il constitue un des points les plus importants du transbordement nord américain.

Ses installations s'étendent sur vingt kilomètres et comportent:

1. - 109 postes à quai parmi lesquels 26 servent à la manutention du vrac liquide et 32 sont destinés aux marchandises générales et au vrac sec,
2. - 28 hangars de transit qui couvrent 230 000 mètres carré
3. - des aires ouvertes d'entreposage qui représentent 903 000 mètres carré
4. - 3 silos à céréales d'une capacité totale d'entreposage de 550 000 tonnes,

5. - 6 terminaux à conteneurs qui possèdent tous des grues portiques et des grues mobiles. Deux de ces terminaux sont équipés pour la manutention horizontale.

Le port de Montréal comprend également plusieurs grues mobiles de capacité de 300 tonnes pour les colis lourds, et une grue flottante autonome appelée 'HERCULE' qui à une force de levage de 225 tonnes.

En ce qui concerne les réparations navales, Montréal comporte des installations modernes incluant trois cales sèches.

Ce port jouit de l'avantage des voies d'accès faciles. En effet, en matière de chemin de fer, les deux principales sociétés de chemin de fer possédent un terminus qui les relient à tous les marchés. Il en est de même des voies routières. Le port étant situé dans une ville qui possède un nombre important d'autoroutes de qualité; il est donc facilement accessible par les clients. La principale voie d'eau est le fleuve Saint Laurent qui permet une issue facile et sécuritaire en provenance et a destination des grands lacs.

5.1.2 La conteneurisation au port de Montréal

Si Amsterdam manutentionne environ 2,5 millions de conteneurs par an, Montréal avec ses 350 000 boîtes par an se place en tête de la conteneurisation canadienne soit plus de la moitié du marché canadien.

Parmi les six terminaux dont on a parlé au point précédent, deux sont plus importants: ' RACINE' et 'TASK'; qui, à eux seuls, manutentionnent plus de 150 000 U.E.V./an chacun. Les deux autres en importance sont 'CERES' et 'LOGISTEC'; qui peuvent accommoder des navires rouliers; ils sont pourvus de portiques et de grues mobiles.

Les navires porte-conteneurs qui accostent aux terminaux Racine et Task ont généralement une capacité variant entre 1500 et 1800 U.E.V.

5.1.3 Collecte des données

5.1.3.1 Introduction

Le 15 novembre 1983, une rencontre avait été organisée au port de Montréal avec le Service de la Planification des Installations. A cette occasion, un exposé de travail sur TRANSMAC-1 avait été fait devant

Monsieur Jean Pierre Desjardins qui nous a promis son concours pour l'obtention des données nécessaires pour parachever le mémoire. Ainsi, après avoir finalisé le modèle, une campagne de collecte des données a été effectuée dès le 16 février 1984.

A l'issue de nos contacts avec le Service de la Planification, nous avons été amené à retenir le terminal 'RACINE' pour lequel nous avons pu avoir des données.

5.1.3.2 Données disponibles

Dans les lignes qui vont suivre, nous allons décrire les données du terminal Racine que nous avons regroupées au tableau 5.1

1. SUR LES NAVIRES

   Les porte-conteneurs qui desservent le terminal Racine ont une capacité de 1800 conteneurs. En principe l'indice de chargement est équilibré c'est-à-dire que le chargement à l'importation comme à l'exportation est balancé.

TABLEAU 5.1

Données du port de Montréal

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	1	1									
2	1	1750	1750	25	25	1800	75	25	0		
3	1	375	2.5	2	-	-	60	0	400	240	0
4	15000	12000	30000	0	15000						
5	-	-	-	-	-						
6	-	-	-	-	-						
7	-	-	-								
8	-	-	-								
9	20	20	20								
10	15	15	15								
11	0	0	0								
12	15	15	15								
13	15	15	15								
14	1500	-	0	12	-	-	-	-	-		
15	1	1	1	1	1						

Les proportion entre les conteneurs de 20 pieds et ceux de quarante est de 4 à 1. Etant donné la situation géographique du terminal, ainsi que suite à sa vocation qui se résume en port de transit, en effet le séjour moyen des conteneurs est de sept jours à l'export et d'environ trois à l'import, ce terminal est directement relié aux terminus routier et ferroviaire pour un acheminement quasi direct des marchandises.

2. SUR LES POSTES D'ACCOSTAGE

Actuellement le terminal Racine reçoit un seul navire à la fois. Cependant dans un proche avenir, il pourra en accommoder deux simultanément.

Le terminal Racine a un quai d'une longueur de 375 mètres. Les distances entre le quai et les différents terminus sont de 300 mètres et 120 mètres respectivement pour le chemin de fer et la route. Dans ce terminal, les tracteurs effectuent un parcours de 400 m environ pour réaliser un aller-retour. Une autre distance à considérer est celle qui sépare le quai de l'aire de préembarquement; celle-ci est de 30 mètres environ.

Deux portiques sont utilisés simultanément pour enregistrer une productivité d'environ 30 conteneurs par heure.

3. AUTRES EQUIPEMENTS

Contrairement à ce que l'on trouve dans d'autres pays, le système utilisé au port de Montréal pour le transport des conteneurs du quai vers les différentes aires et vice versa est celui des chassis ou le tracteur et ses remorques font un tout. Ceci signifie que le rapport d'un tracteur pour trois remorques est inexistant. Cependant il faut souligner que sa capacité est plus grande et peut atteindre 12 à 15 conteneurs par tournée.

4. DONNEES GENERALES

Bien que dans la planification des installations les autorités du port de Montréal soient très sceptiques quant à l'utilisation du paramètre coût de construction du quai pris au mètre linéaire, elles acceptent cependant qu'une bonne estimation peut être obtenue en prenant une valeur située entre 12 000$ et 20 000$.

Un des sujets importants pour l'utilisation du modèle est la notion de temps d'accès, de

désarrimage. d'entretien, d'arrimage et de sortie. Ces paramètres sont respectivement en moyenne de 20, 15, 0, 15 et 15 minutes.

5.1.2.3 **Autres données**

Devant l'impossibilité d'obtenir certaines données, spécialement celles concernant les coûts d'acquisition des équipements et de l'outillage du port ainsi que les informations sur les salaires, nous avons été amenés à utiliser les valeurs trouvées dans la littérature que nous avons resumées au tableau 5.2

Les coûts d'acquisition sont:

- une grue: $ 1 250 000
- un tracteur:$ 20 000
- une remorque: $ 6 000
- un chariot : $ 60 000

En ce qui concerne les aires de stockage, les hangar d'éclatement, les aires de stationnement ainsi que les différents terminus nous utiliserons la valeur de $4 800 000 qui est celle publiée par la Conférence des Nations Unies pour le Commerce l'Economie et le Développement (C.U.N.C.E.D) pour une aire recevant 70 000 U.E.V. par an.

TABLEAU 5.2

Données de la littérature

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	-	-									
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
3	-	-	-	-	10	200	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-							
5	1	1	7	20000	17						
6	1	1	5	60000	17						
7	3000	6000	6000								
8	10000	10000	10000								
9	-	-	-								
10	-	-	-								
11	-	-	-								
12	-	-	-								
13	-	-	-								
14	-	.10	.10	5	-	-	6000	5	30		
15	-	-	-	-	-						

En matière des salaires horaires, nous considérerons les valeurs ci-dessous:

- pour l'équipe au portique: $200
- pour l'agent au tracteur: $17
- pour l'agent au chariot : $17

Pour les coûts d'attente, on appliquera les coûts établis dans l'étude de Frankel. Ils sont de $3 000/heure pour les navires de 600 U.E.V. et de $6 000/heure pour ceux de 1 200 U.E.V.

5.1.4 Résultats

L'application de TRANSMAC-1 aux données considérées à la section précedente a permis d'établir les résultats suivants qui sont regroupés en trois parties principales dont:

- l'offre de service
- les indicateurs de performance
- les éléments de l'analyse économique.

5.1.4.1 L'offre de service

De par sa vocation qui est d'aider le gestionnaire à déterminer l'offre de service, TRANSMAC-1 donne au tableau 5.? tous les éléments nécessaires pour organiser le service de transport des conteneurs dans le terminal.

Les statistiques sont dressées de telle façon que l'on ait l'information par navire et par poste et pour le terminal. Le tableau 5.? indique l'offre de service pour chaque portique utilisé. Ces informations portent sur le nombre de tracteurs, le nombre de voyages, le kilométrage ainsi que le temps en heures enregistrés pour ces engins.

TABLEAU 5.3

Offre de service par poste

	PORT DE MARCHE		PORT DE TRANSIT	
	REMORQ.	CHASSIS	REMORQ.	CHASSIS
TRACTEURS	2	4	3	6
VOYAGES	876	146	877	147
KILOMETRAGE	87,60	11,72	350,8	47,2
HEURES	60,83	75,52	35,63	71,81

5.1.4.2 Les indicateurs de performance

Le logiciel produit des indicateurs regroupés en trois catégories dont les indices sur les navires, les indices des postes (tableau 5.4) et les indices concernant le terminal en général.

Outre les différents résultats sur le nombre de conteneurs, le nombre de U.E.V., le tonnage, ces tableaux donnent aussi la distribution des conteneurs pour les différentes aires.

La mesure de la productivité des postes et du terminal se fait en conteneurs par minute, en U.E.V. par minute et en tonnes par minute.

TABLEAU 5.4

Indicateurs de la demande

	PORT DE MARCHE		PORT DE TRANSIT	
	REMORQ.	CHASSIS	REMORQ.	CHASSIS
CONTENEURS	3500	3500	3500	3500
U.E.V.	4375	4375	4375	4375
TONNAGE	41948	41948	41948	41948
TEMPS D'UTIL(MIN)	4235	4235	4235	4235
CONT/MIN	0,83	0,83	0,83	0,83
U.E.V/MIN	1,03	1,03	1,03	1,03
TONNE/MIN	9,91	9,91	9,91	9,91

5.1.4.3 Les éléments de l'analyse économique

Un gestionnaire portuaire peut-il connaître les coûts d'accommodation des navires par poste et pour l'ensemble du terminal? En principe non, sauf s'il consulte les documents comptables et en effectuant quelques opérations.

Le modèle que nous avons bâti permet de donner en quelques secondes, sans aucune peine sauf celle de la préparation des données, tous les éléments des coûts. On retrouve les données économiques par navire, par poste et pour l'ensemble du terminal au tableau 5.5

TABLEAU 5.5

Les coûts du terminal

COUTS	PORT DE MARCHE		PORT DE TRANSIT	
	REMORQ.	CHASSIS	REMORQ.	CHASSIS
MANUTENTION	30302	28578	30304	28580
TRANSPORT	2068	2567	1211	2441
EXPLOITATION	32369	31145	31515	31021
INVESTISSEMENT	19237	20143	27199	28557
GESTION (C.G.)	51607	51289	58714	59578
C.G./HEURE	731,15	726,65	831,85	844,09
C.G./CONTEN.	14,75	14,65	16,78	17,03
C.G./U.E.V.	11,80	11,72	13,42	13,62
C.G./TONNE	1,23	1,22	1,40	1,42

5.2 IMPACT DE LA CONTENEURISATION

Pour examiner l'impact de la conteneurisation sur l'opération portuaire, nous avons été amené à retenir quelques variables dont l'influence dans l'utilisation des engins et des équipements soulève beaucoup d'hypothèses.

C'est ainsi que nous chercherons le comportement du coût de gestion vis à vis des variables telles que:

- la vitesse des tracteurs
- le cycle des portiques
- le nombre de portiques disponibles
- la capacité des remorques
- le tonnage manutentionné

Pour réaliser cet examen nous considérerons un navire de 1750 U.E.V. à associer aux conditions du scénario 2.

Dans les lignes qui vont suivre, nous allons présenter les résultats enregistrés pour chaque variable considerée. Un exemple des résultats du calcul des impacts est représenté à l'annexe C.

5.2.1 Vitesses des tracteurs

La figure 5.1 montre que l'influence de la vitesse des tracteurs dans le déplacement des conteneurs dans un terminal a une importance non négligeable sur le coût de gestion. On constate que le coût d'opération diminue avec l'augmentation de la vitesse des tracteurs. Ceci se justifie par le fait que, plus la vitesse des tracteurs est élevée, moins nombreux seront les tracteurs à utiliser.

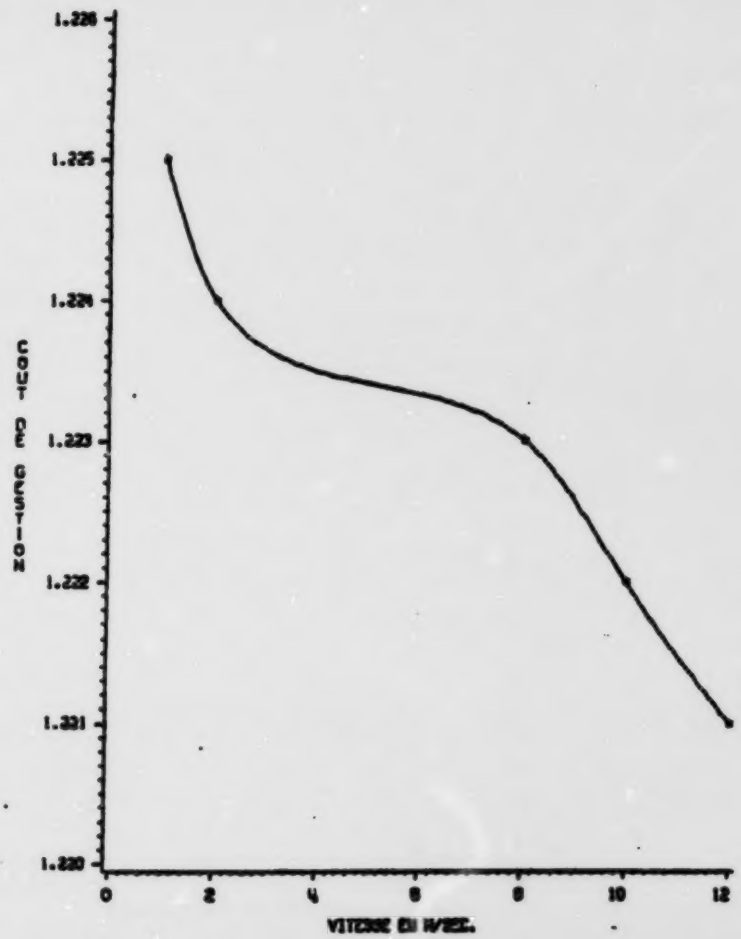


Figure 5.1: Impact de la vitesse des tracteurs

5.2.2 Cycle des portiques

Quand on connaît l'importance du coût d'acquisition des portiques on cherche à trouver la meilleure formule de son utilisation pour sa meilleure rentabilité.

Avec cette étude nous sommes arrivés à établir qu'effectivement le coût au gestionnaire varie proportionnellement avec le cycle de la grue. La courbe (figure 5.2) montre qu'il existe une relation linéaire entre les deux variables.

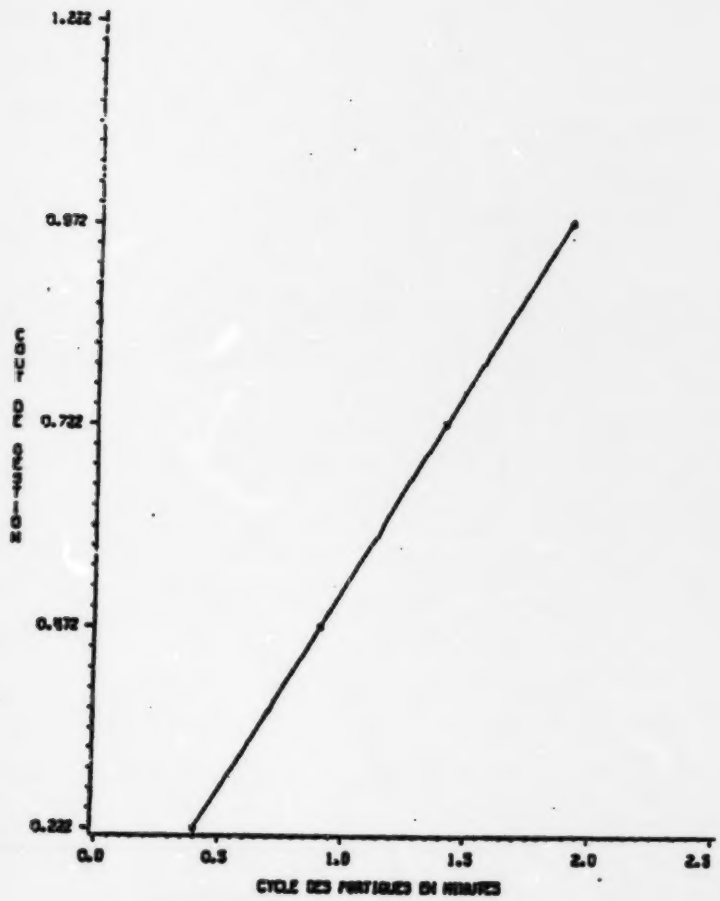


Figure 5.2: Impact du cycle des portiques

5.2.? Nombre de portiques

On trouve dans plusieurs ports dotés des terminaux à conteneurs que l'accommodation des navires se fait avec plus d'un portique. La question que l'on se pose est celle de savoir si le gestionnaire prend une bonne initiative en décidant l'installation de plusieurs portiques.

Les résultats de notre étude permettent d'y répondre. En effet, il est maintenant clairement démontré que le nombre de portiques a un impact très important sur le coût d'opération. On peut le remarquer à la figure 5.? où on voit bien que le coût d'opération diminue avec l'augmentation du nombre de portiques.

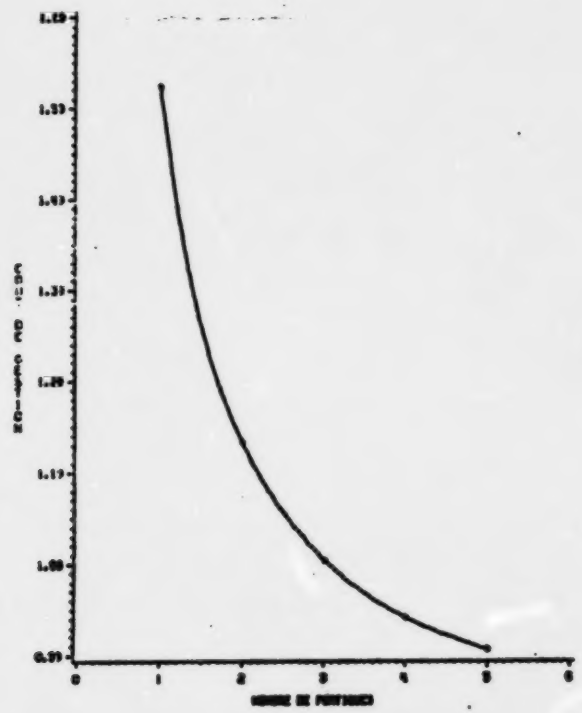


Figure 5.?: Impact du nombre de portiques

5.2.4 Capacité des chassis/remorques

La conclusion qui se dégage de l'étude de la capacité des remorques ou des chassis en conteneurs telle qu'illustrée à la figure 5.4, est que le coût de gestion diminue d'abord et croît avec la capacité des chassis.

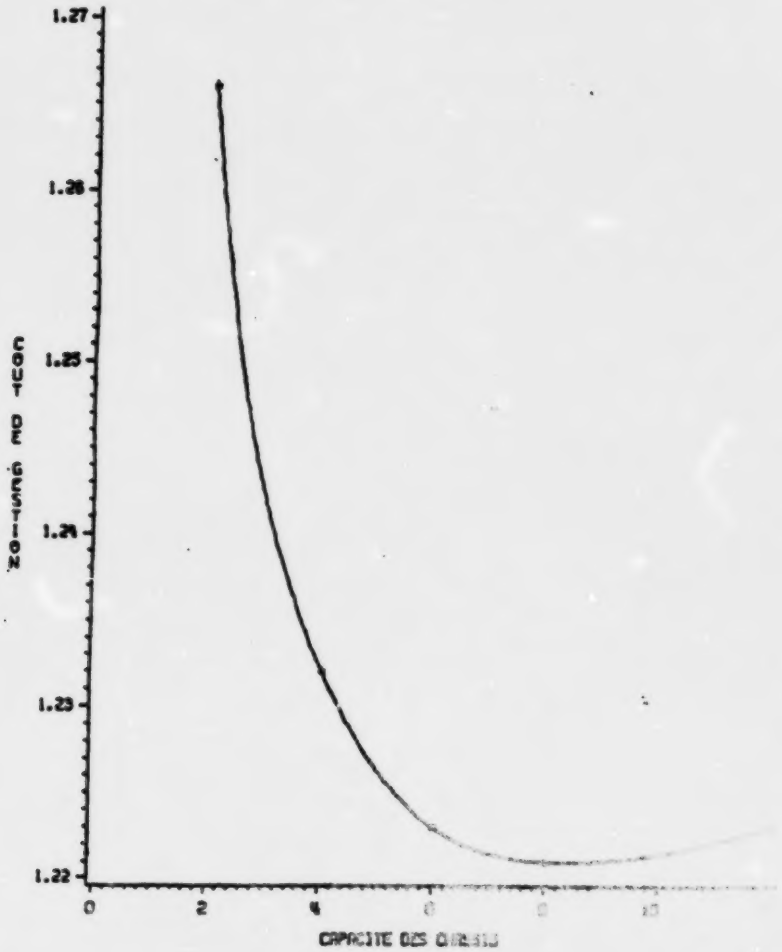


Figure 5.4: Impact de la capacité des chassis

5.2.5 Le tonnage

Bruneau Riendeau (21) pour réaliser son étude considérait que le coût de manutention portuaire diminue avec le tonnage annuel. Nous avons voulu vérifier si cette hypothèse est aussi vraie pour le cas d'une stratégie d'accommodation que l'on pourrait formuler comme suit:

> "Le coût d'une stratégie d'accommodation d'un navire diminue avec le tonnage transité".

Notre étude nous a permis de démontrer qu' effectivement comme on peut le voir à la figure 5.5 le coût de gestion diminue avec l'augmentation du tonnage et inversement.

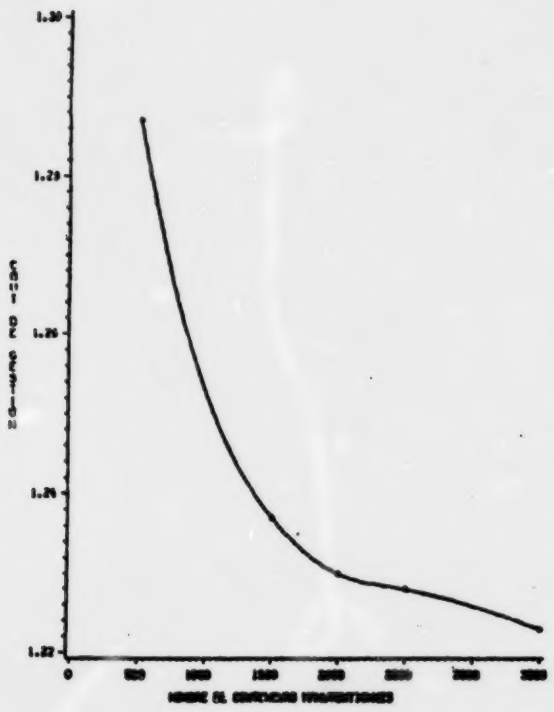


Figure 5.5: Impact du tonnage manutentionné

CHAPITRE VI

DISCUSSIONS ET CONCLUSION

6.1 DISCUSSIONS

Dans le cadre de l'étude qui précède, l'occasion nous a été donné de bâtir le logiciel TRANSMAC-1 que nous avons testé sur les données du port de Montréal completée par celles de la littérature.

Les résultats obtenus montrent que le modèle peut déterminer efficacement les coûts de stratégie d'accommodation des navires porte-conteneurs.
Ainsi, comme on peut le constater avec les résultats présentés au chapitre précedent, le nombre de tracteurs nécessaires pour accommoder un navire est plus élevé dans le cas du port de transit.

En ce qui concerne les indicateurs de la demande, ceux-ci ne subissent aucune fluctuation étant donné que dans

les quatre scenarios, le temps d'occupation du terminal est le même.

Pour les coûts unitaires, ceux-ci vont en croissant selon qu'on est dans un port de marché ou un port de transit et aussi selon qu'on opte pour l'évacuation des conteneurs par tracteurs à remorques ou à chassis.

Le faible coût dans le port de marché est attribuable au fait que le coût de déplacement des conteneurs y est relativement moins élevé. Ceci est dû à la proximité du quai aux différentes aires.

L'utilisation des remorques présente aussi des coûts avantageux car son rapport de trois remorques pour un tracteur permet un taux de rotation de ce dernier très intéressant avec un personnel réduit.

Les données du port de Montréal que nous avons utilisées pour expérimenter ce modèle représentent 64% de l'ensemble de données requises pour constituer un scénario. Les autres 36% proviennent de la littérature et portent essentiellement sur les caractéristiques d'utilisation des tracteurs et des chariots, des coûts d'acquisition de certains engins et équipement et finalement des salaires horaires.

6.2 CONCLUSION

TRANSMAC-1 est un outil bâti pour aider le gestionnaire à réaliser la planification opérationnelle des installations de manutention des conteneurs dans un port. Dans ce modèle, nous avons consideré toute activité où le gestionnaire a une influence sur le cycle d'accommodation des navires.

Ce modèle, est une procédure de gestion des équipements et de calcul des coûts pour une stratégie d'accommodation d'un ou de plusieurs navires, mais il ne permet pas de déduire automatiquement la stratégie optimale. Cependant, nous avons conçu TRANSMAC-1 sous forme de modèle de cohérence afin de donner l'occasion à son utilisateur de procéder facilement à des itérations pouvant lui permettre d'améliorer les valeurs attendues.

En ce qui concerne les résultats, Per Bruun (18) mentionnait en 1980 que le coût annuel de manutention par tonne variait entre $0.65 et $0,95 en 1970 et il ajoutait que ceux-ci (les coûts) devaient être doublés en 1980.

En considérant que ces coûts oscillent entre $1,30 et $1,90, on peut constater que les valeurs obtenues par

TRANSMAC-1 s'apparentent bien à celles de nos prédecesseurs; tout en soulignant que notre modèle ne calcule que le coût de la stratégie.

Transmac-1 contient un module qui permet d'effectuer l'étude de l'impact de quelques éléments de la conteneurisation sur la planification portuaire. L'utilisation de ce module nous a permis de constater que le coût d'une stratégie d'accommodation croît avec la durée du cycle des portiques. Cependant, il varie en sens inverse de la vitesse des tracteurs, du nombre de portiques, du tonnage et de la capacité des chassis.

6.3 RECOMMANDATIONS

Le modèle que nous avons construit et que nous venons d'expérimenter entre dans le cadre de la démarche scientifique qui vise à rentabiliser les opération de manutention des conteneurs.

Ainsi nos prédecesseurs ayant traité successivement les problèmes reliés au coût de voyage des navires, au coût de gestion d'un bassin portuaire, au coût total d'exploitation d'un port et d'un terminal à conteneurs, nous avons pensé apporter notre contribution en mettant au point un modèle qui permet de déterminer le coût d'une stratégie d'accommodation des navires porte-conteneurs.

Dans ce modèle, nous avons utilisé le principe de livraison des conteneurs porte à porte. Il existe cependant des terminaux où des opérations de remplissage et d'éclatement des conteneurs sont réalisées sur place. Aussi pensons-nous que, dans une prochaine étude, cette nuance devra être ajoutée.

En outre, notre système est un système parfait qui écarte toute possiblité de bris d'équipement, d'intempéries et de fatigue des ouvriers. Nous croyons aussi nécessaire

d'y incorporer ces éléments. Finalement nous pensons qu'il serait utile d'utiliser les lois aléatoires pour certaines fonctions du système comme le remorquage des navires, le chargement et le déchargement des navires et des remorques (chassis).

ANNEXE A

PROGRAMME TRANSMAC 1

"Il est indigne de la part de l'homme de perdre des heures comme un esclave à faire des calculs."

Baron Gottfried Wilhelm von Leibnitz (1646-1716)

```
C
C     =-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=
C     I                                                               I
C     I                          TRANSMAC-1                           I
C     I                                                               I
C     I     TRANSPORT ET MANUTENTION DES CONTENEURS                   I
C     I                          VERSION 1                            I
C     I                                                               I
C     =-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=
C
C
C                          EST UN MODELE:
C
C                 D'EVALUATION DE L'OFFRE DE SERVICE
C               D'EVALUATION DES INDICATEURS DE PERFORMANCE
C       D'ETABLISSEMENT DES COUTS DE MANUTENTION DES CONTENEURS
C               DE CALCUL D'IMPACTS DE LA CONTENEURISATION
C            DANS UN TERMINAL A CONTENEURS DE TYPE MARITIME
C
C                          CONSTRUIT
C
C                             PAR
C
C                    TOMBO KIONGA TEDIKA, Ing.
```

```
C
C            DESCRIPTION DES VARIABLES PRINCIPALES
C
C
C- NOPO: NOMBRE DE POSTES D'ACCOSTAGE,
C- NOBA: NOMBRE DE NAVIRES PORTE-CONTENEURS,
C        A TRAITER,
C- NUM(I,J): MATRICE D'UTILISATION DES POSTES I PAR
C             LES NAVIRES J,
C- BATEAU(I J): TABLEAU REPRENANT TOUS LES PARAMETRES
C                ASSOCIES AU NAVIRE I.
C            J=1: NUMERO DU NAVIRE,
C            J=2: CARGAISON IMPORT,
C            J=3: CARGAISON EXPORT,
C            J=4: POURCENTAGE DES CONTENEURS DE
C                 40 PIEDS A L'IMPORT,
C            J=5: POURCENTAGE DES CONTENEURS DE
C                 40 PIEDS A L'EXPORT,
C            J=6: CAPACITE DU NAVIRE,
C            J=7  POURCENTAGE DES CONTENEURS ALLANT
C                 AU TERMINUS ROUTIER,
C            J=8: POURCENTAGE DES CONTENEURS ALLANT
C                 AU TERMINUS FERROVIAIRE,
C            J=9: POURCENTAGE DES CONTENEURS ALLANT
C                 AU TERMINUS FUVIAL.
C-POSTE(I J): TABLEAU REPRENANT TOUS LES PARAMETRS
C              ASSOCIES AUX POSTES D'ACCOSTAGE I.
C         J=1: NUMERO DU POSTE,
C         J=2: LONGUEUR DU QUAI EN METRES,
C         J=3: CYCLE D'UNE GRUE EN MINUTES,
C         J=4  NOMBRE DE GRUES POUR LE POSTE,
C         J=5: COUT D'ACQUISITION D'UNE GRUE EN DOLLARS
C         J=6: SALAIRE HORAIRE D'UNE EQUIPE A LA GRUE
C              EN DOLLARS
C         J=7: DISTANCE DU QUAI A L'AIRE DE PREEMBARQUEMENT
C              EN METRES
C         J=8: DISTANCE DU QUAI A L'AIRE DE STATIONNEMENT
C              EN METRES.
C         J=9: DISTANCE DU QUAI AU TERMINUS ROUTIER
C              EN METRES,
C         J=10: DISTANCE DU QUAI AU TERMINUS FERROVIAIRE
C               EN METRES,
C         J=11: DISTANCE DU QUAI AU TERMINUS FLUVIAL
C               EN METRES,
C- CONAN(I): NOMBRE DE CONTENEURS STOCKES ANNUELLEMENT
C            PAR L'AIRE OU LE TERMINUS I.
C        I=1: L'AIRE DE STATIONNEMENT,
C        I=2  L'AIRE DE PR EMBARQUEMENT,
C        I=3: LE TERMINUS ROUTIER
C        I=4: LE TERMINUS FERROVIAIRE,
C        I=5: LE TERMINUS FLUVIAL.
```

```
C- TRA(I) ET CHA(I): TABLEAUX DES PARAMETRES SUR LES
C                    TRACTEURS I ET LES CHARIOTS I.
C                I=1: TEMPS DE CHARGEMENT EN MINUTES,
C                I=2: TEMPS DE D CHARGEMENT EN MINUTES,
C                I=3: VITESSE EN METRES/SECONDE,
C                I=4: SALAIRE HORAIRE DE L'EQUIPE
C                     EN DOLLARS,
C                I=5: AGE DE L'ENGIN.
C- COUT1(I), COUT2(I), TEM1(I), TEM2(I), TEM3(I) ET
C  TEM4(I), TEM5(I) SONT RESPECTIVEMENT POUR LES NAVIRES I:
C      LE COUT HORAIRE D'ATTENTE DES NAVIRES,
C      LE COUT HORAIRE D'ENTREE DES NAVIRES,
C      LE TEMPS D'ENTREE, LE TEMPS DE DESARRIMAGE,
C      LE TEMPS D'ENTRETIEN, LE TEMPS D'ARRIMAGE,
C      ET LE TEMPS DE SORTIE.
C      (LES COUTS SONT EN DOLLARS ET LES TEMPS EN MINUTES)
C      'I' EST LA CAPACITE DES NAVIRES:
C      SI I=1: 400 - 1000 U.E.V.
C         I=2: 1000 - 2500 U.E.V.
C         I=3: 2500 - 3000 U.E.V.
C- CUMLIN: COUT DE CONSTRUCTION DU QUAI EN DOLLAR
C          PAR METRE LIN AIRE,
C- TOINT: TAUX D'INTERET POUR AMORTISSEMENT DEPRECIATION
C- RCHAS: MODE DE TRANSPORT DES CONTENEURS (PAR REMORQUE
C         RCHAS=0, CHASSIS ALORS RCHAS=1).
C- REMO : CAPACITE  DES CHASSIS/REMORQUES,
C- CREMO: PRIX D'UNE REMORQUE/CHASSIS,
C- PER  : AGE DU TERMINAL
C- VARIABLES D'IMPRESSION DES RESULTATS.
C  CES  VARIABLES PRENNENT LES VALEURS 1 OU
C  ZERO S'IL Y A IMPRESSION OU PAS DES RESULTATS
C     DO : SUR LES DONNEES,
C     OSE: SUR L'OFFRE DE SERVICE,
C     DIC: SUR LES INDICATEURS DE PERFORMANCE,
C     ECO: SUR LES COUTS,
C     PAC: SUR L'ANALYSE DES IMPACTS.
C
C- TEUDE(I): NOMBRE DE U.E.V. DU NAVIRE I A L'IMPORT
C- TEUCH(I): NOMBRE DE U.E.V. DU NAVIRE I A L'EXPORT
C- TEIMP(I): TEMPS DE DECHARGEMENT DU NAVIRE I
C- TEEXP(I): TEMPS DE CHARGEMENT DU NAVIREI
C- TQUAI(I): TEMPS D'OCCUPATION DU POSTE PAR LE NAVIRE I
C- TATTEN(I): TEMPS D'ATTENTE DU NAVIRE I
C- NUMTRA(I): NUMERO DE L'ENGIN I
C- VYGTRA(I): NOMBRE DE VOYAGE EFFECTUES PAR L'ENGIN I
C- KILOM(I) : NOMBRE DE KMS PAR L'ENGIN I
C- VEHRE(I) : TEMPS PASSE PAR L'ENGIN I DANS LE SYSTEME
C              (EN HEURES)
C- JSK: NOMBRE D'ENGINS TOTAL POUR L'ACCOMMODATION DU NAVIRE
C- VYGTOT: VOYAGES TOTAUX
C- KMTOT : KILOMETRAGE TOTAL
```

```
C- VEHRET: DUREE TOTALE DE TRANSPOR DES CONTENEURS
C- CONTE(I): CONTENEURS IMPORT-EXPORT POUR LE NAVIRE I
C- TEU(I): U.E.V. IMPORT-EXPORT POUR LE NAVIRE I
C- POITOT(I): TONNAGE IMPORT-EXPORT DU NAVIRE I
C- TEPOSTE(I): TEMPS TOTAL D'UTILISATION DU POSTE I
C- COPOS(I): CONTENEURS TRANSITES PAR LE POSTE I
C- TEPOS(I): U.E.V TRANSITEE PAR LE POSTE I
C- TONPOS(I): TONNAGE TRANSITE PAR LE POSTE I
C- TTERM: TEMPS TOTAL D'UTILISATION DU TERMINAL
C- COTER: CONTENEURS TOTAUX POUR L'ENSEMBLE DU TERMINAL
C- TEUTER: TOTAL U.E.V TRANSITEES PAR LE TERMINAL
C- TOTERM: TOTAL TONNAGE AU TERMINAL
C.........PRODUCTIVITE PAR NAVIRE.....................
C- TEURE(I) : CONTENEURS PAR MINUTE
C- CONHRE(I): U.E.V. PAR MINUTE
C- POIHRE(I): TONNE PAR MINUTE
C.........PRODUCTIVITE PAR POSTE.....................
C- PROP1(I): CONTENEURS PAR MINUTE
C- PROP2(I): U.E.V. PAR MINUTE
C- PROP3(I): TONNE PAR MINUTE
C.........PRODUCTIVITE DU TERMINAL....................
C- PROTE1: U.E.V PAR MINUTE
C- PROTE2: CONTENEURS PAR MINUTE
C- PROTE3: TONNE PAR MINUTE
C.............COUTS PAR NAVIRE.........................
C- CUMAN(I) : COUT DE MANUTENTION DES CONTENEURS
C- CTRANS(I): COUT DE DEPLACEMENT DES CONTENEURS
C- CEXPLA(I): COUT D'EXPLOITATION
C- CIMMOB(I): COUT D'IMMOBILISATION
C- CINVES(I): COUT D'INVESTISSEMENT
C- CTGES(I) : COUT D'OPERATION
C.............COUTS PAR POSTE.........................
C- PMANUT(I): COUT DE MANUTENTION
C- PTRANS(I): COUT DE DEPLACEMENT
C- PEXPLA(I): COUT D'EXPLOITATION
C- PIMMOB(I): COUT D'IMMOBILISATION
C- PINVES(I): COUT D'INVESTISSEMENT
C- PTGES(I) : COUT D'OPERATION
C.............COUTS DU TERMINAL.........................
C- TMANU: COUT DE MANUTENTION
C- TTRANS: COUT DE DEPLACEMENT
C- TEXPLA: COUT D'EXPLOITATION
C- TINVES: COUT D'INVESTISSEMENT
C- TTGES : COUT D'OPERATION
C.....COUTS UNITAIRES D'OPERATION DES NAVIRES..........
C- CC(I)    : PAR CONTENEUR
C- CUGES(I): PAR U.E.V.
C- CT(I)    : PAR TONNE
C- CH(I)    : PAR HEURE
C.....COUTS UNITAIRES D'OPERATION DES POSTES..........
C- PC(I)    : PAR CONTENEU
```

```
C- PUGES(I): PAR U.E.V.
C- PT(I)   : PAR TONNE
C- PH(I)   : PAR HEURE
C.....COUTS UNITAIRES D'OPERATION DU TERMINAL.............
C- CG1  : PAR CONTENEUR
C- TUGES: PAR U.E.V.
C- CG2  : PAR TONNE
C- CG3  : PAR HEURE
C
C
C
```

```
C*****************************************************************
C*                      PROGRAMME PRINCIPAL                      *
C*****************************************************************
      INTEGER NOPO,NOBA,NUM(10,50)
      COMMON /B1/  NOPO,NOBA,NUM,
     *BATEAU(50,15),POSTE(10,15)
      COMMON /B2/ DO,OSE,DIC,ECO,PAC
C
C.....LECTURE DES DONNEES.....................................
C
      CALL DATA
C
C.....DISTRIBUTION DES NAVIRES AUX DIFFERENTS POSTES.....
C
      CALL DISTRI
C
C.....ETABLISSEMENT DE L'OFFRE DE SERVICE.....................
C
      DO 2 IPO=1,NOPO
      DO 1 IBA=1,NOBA
      IF(NUM(IPO,IBA).EQ.0) GO TO 1
      CALL STEVED(IPO,IBA)
    1 CONTINUE
    2 CONTINUE
C
C.....CALCUL DES INDICATEURS DE PERFORMANCE.....................
C
      CALL INDICE
C
C.....CALCUL DES COUTS.....................................
C
      CALL ECONO
C
C.....CALCUL DES IMPACTS.....................................
C
      IF(PAC.EQ.0.) STOP
      CALL IMPACT
      STOP
      END
```

```
      SUBROUTINE DATA
C*****************************************************************
C*                  SOUS PROGRAMME 'DATA':                       *
C*                   LECTURE DES DONNEES                         *
C*****************************************************************
      REAL MINUTE,MINFIN
      INTEGER NOPO,NOBA,NUM(10,50)
      COMMON /B1/  NOPO,NOBA,NUM,
     *BATEAU(50,15),POSTE(10,15)
      COMMON /B2/ CONAN(6),TRA(7),CHA(7),
     *TEM1(5),TEM2(5),TEM3(5),TEM4(5),TEM5(5),
     *REMO,CREMO,RCHAS,ACODEP(50),DICHA,CYCLE,PER,
     *ARRIM(50),DESAR(50),ENTR(50),CUMLIN,TOINT
      COMMON /B3/  DO,OSE,DIC,ECO,PAC
      COMMON /B12/  M1,M2(50),M3(10),M4,M5,M6,M7,M8,M9,
     *M10,M11,M12,M13,M14,M15,M16
      COMMON /B14/  COUT1(5),COUT3(5),FENTRE(50)
C
C.....LECTURE DU NOMBRE DE NAVIRES ET DU NOMBRE DE POSTES...
C
      READ(5,*) M1,NOBA,NOPO
C
C.....LECTURE DES PARAMETRES DES NAVIRES.....................
C
      DO 10 I=1,NOBA
      READ(5,*) M2(I),(BATEAU(I,J),J=1,9)
   10 CONTINUE
C
C.....LECTURE DES PARAMETRES DES POSTES D'ACCOSTAGE.........
C
      DO 20 I=1,NOPO
      READ(5,*) M3(I),(POSTE(I,J),J=1,11)
   20 CONTINUE
C
C.....LECTURE DES DONNEES SUR LES AIRES ET LES TERMINUS,
C     LES TRACTEURS, LES CHARIOTS, LES COUTS D'ENTREE ET
C     D'IMMOBILISATION, LES AUSSI SUR LES TEMPS.............
C
      READ(5,*) M4,(CONAN(I),I=1,5)
      READ(5,*) M5,(TRA(I),I=1,5)
      READ(5,*) M6,(CHA(I),I=1,5)
      READ(5,*) M7,(COUT1(I),I=1,3)
      READ(5,*) M8,(COUT3(I),I=1,3)
      READ(5,*) M9,(TEM1(I),I=1,3)
      READ(5,*) M10,(TEM2(I),I=1,3)
      READ(5,*) M11,(TEM3(I),I=1,3)
      READ(5,*) M12,(TEM4(I),I=1,3)
      READ(5,*) M13,(TEM5(I),I=1,3)
C
C.....LECTURE DES DONNEES D'ORDRE GENERAL....................
C
```

```
      READ(5,*) M14,CUMLIN,TOINT,RCHAS,REMO,CREMO,PER
      READ(5,*) M15,DO,OSE,DIC,ECO,PAC
C
C.....DERMINATION DES COUTS ET DES TEMPS MOYENS PAR NAVIRE..
C
      DO 40 I=1,NOBA
      IF(BATEAU(I,7).GT.1000) GO TO 41
      ARRIM(I)=TEM1(1)
      DESAR(I)=TEM2(1)
      ENTR(I)=TEM3(1)
      ACODEP(I)=TEM4(1)+TEM5(1)
      GO TO 40
   41 IF(BATEAU(I,7).GT.2500.) GO TO 42
      ARRIM(I)=TEM1(2)
      DESAR(I)=TEM2(2)
      ENTR(I)=TEM3(2)
      ACODEP(I)=TEM4(2)+TEM5(2)
      GO TO 40
   42 ARRIM(I)=TEM1(3)
      DESAR(I)=TEM2(3)
      ENTR(I)=TEM3(3)
      ACODEP(I)=TEM4(3)+TEM5(3)
   40 CONTINUE
C
C.....................IMPRESSION DES DONNEES.................
C
      IF(DO.NE.1.) GO TO 99
      IPRINT=1
      CALL PRINT(IPRINT,ID,NOBA)
   99 RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE DISTRI
C*****************************************************************
C*                    SOUS PROGRAMME 'DISTRI'                    *
C*     DISTRIBUTION DES NAVIRES AUX POSTES D'ACCOSTAGE           *
C*****************************************************************
      REAL MINUTE,MINFIN,RSQ(50)/50*0./
      INTEGER NOPO,NOBA,NUM(10,50)
      DIMENSION LG(10),Q(100)
      COMMON /B1/  NOPO,NOBA,NUM,
     *BATEAU(50,15),POSTE(10,15)
      COMMON /B2/ CONAN(6),TRA(7),CHA(7),
     *TEM1(5),TEM2(5),TEM3(5),TEM4(5),TEM5(5),
     *REMO,CREMO,RCHAS,ACODEP(50),DICHA,CYCLE,PER,
     *ARRIM(50),DESAR(50),ENTR(50),CUMLIN,TOINT
      COMMON /B3/  DO,OSE,DIC,ECO,PAC
      COMMON /B4/ TEUDE(50),TEUCH(50),TEEXP(50),
     *TDECHA(50),TATTEN(50),DUPTRA(50),TAT(10),
     *TCHAR(50),TPATRA(50),TEIMP(50),TQUAI(50)
      COMMON /B8/  ECLA(50),STO(50),TPOSTE(10),
     *PROP2(10),TEPOS(50),COPOS(10),PROTE1,
     *TEU(50),CONTE(50),TEUHRE(5),CONHRE(50),
     *TEUTER,COTER,POIHRE(50),PROTE3,PROTE2,STOT,
     *P,ETOT,CEXTOT,CIMTOT,TEXTOT,TIMTOT,TTERM,
     *TPORT(50),TTSTO(50),TTECL(50)
      COMMON /T1/TPAROU(10),TPACF(10),DUROU(10),DURCF(10),
     *TPAEX(10),TPAVF(10),DURVF(10),DUEX(10),ENG(8,30,4,4)
      COMMON /B15/ KT,NT,IPAC
      IBA=0
      I1=0
      IF(NOBA.GT.NOPO) GO TO 11
C
C.....CAS OU NOMBRE DE NAVIRE EST EGAL AU NONMBRE DE
C     DE POSTES D'ACCOSTAGE.....................................
C
      DO 10 IPO=1,NOBA
      IBA=IBA+1
C
C.....ETABLISSEMENT DE LA MATRICE D'UTILISATION DES POSTES.
C
      NUM(IPO,IBA)=IBA
      CALL TEMPS(IPO,IBA)
   10 CONTINUE
      GO TO 41
C
C.....CAS OU NOMBRE DE NAVIRES EST SUPERIEUR A CELUI
C     DES POSTES D'ACCOSTAGE.....................................
C
   11 DO 20 IPO=1,NOPO
      IBA=IBA+1
      I1=I1+1
C
```

```
C.....CAS OU NOMBRE DE NAVIRES EST SUPERIEUR A CELUI
C     DES POSTES D'ACCOSTAGE.....................................
C
      NUM(IPO,IBA)=IBA
      CALL TEMPS(IPO,IBA)
      Q(I1)=RSQ(I1)+TQUAI(I1)
      RSQ(I1)=Q(I1)
      LG(I1)=IPO
   20 CONTINUE
      I1=0
C
C.....ORDONNER LES POSTES PAR IMPORTANCE DE TEMPS DE LEUR
C     OCCUPATION PAR LA PREMIERE TRANCHE DES NAVIRES.........
C
   31 DO 30 I=1,NOPO
      DO 40 J=I,NOPO
      IF(Q(I).LE.Q(J)) GO TO 40
      S=Q(I)
      Q(I)=Q(J)
      Q(J)=S
      IPOS=LG(I)
      LG(I)=LG(J)
      LG(J)=IPOS
   40 CONTINUE
   30 CONTINUE
      IBA=IBA+1
C
C.....TESTER S'IL RESTE ENCORE DES NAVIRES A TRAITER.........
C
      IF(IBA.GT.NOBA) GO TO 41
      I1=I1+1
      N1=LG(1)
      NUM(N1,IBA)=IBA
      CALL TEMPS(N1,IBA)
      Q(I1)=RSQ(I1)+TQUAI(I1)
      RSQ(I1)=Q(I1)
      I1=0
      GO TO 31
   41 RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE TEMPS(I,J)
C*****************************************************************
C*                  SOUS PROGRAMME TEMPS                         *
C*              CALCUL DE DIFFERENT TEMPS                        *
C*****************************************************************
      REAL MINUTE,MINFIN
      INTEGER NOPO,NOBA,NUM(10,50)
      COMMON /B1/  NOPO,NOBA,NUM,
     *BATEAU(50,15),POSTE(10,15)
      COMMON /B2/ CONAN(6),TRA(7),CHA(7),
     *TEM1(5),TEM2(5),TEM3(5),TEM4(5),TEM5(5),
     *REMO,CREMO,RCHAS,ACODEP(50),DICHA,CYCLE,PER,
     *ARRIM(50),DESAR(50),ENTR(50),CUMLIN,TOINT
      COMMON /B3/  DO,OSE,DIC,ECO,PAC
      COMMON /B4/ TEUDE(50),TEUCH(50),TEEXP(50),
     *TDECHA(50),TATTEN(50),DUPTRA(50),TAT(10),
     *TCHAR(50),TPATRA(50),TEIMP(50),TQUAI(50)
      COMMON /B8/  ECLA(50),STO(50),TPOSTE(10),
     *PROP2(10),TEPOS(50),COPOS(10),PROTE1,
     *TEU(50),CONTE(50),TEUHRE(5),CONHRE(50),
     *TEUTER,COTER,POIHRE(50),PROTE3,PROTE2,STOT,
     *P,ETOT,CEXTOT,CIMTOT,TEXTOT,TIMTOT,TTERM,
     *TPORT(50),TTSTO(50),TTECL(50)
      COMMON /T1/TPAROU(10),TPACF(10),DUROU(10),DURCF(10),
     *TPAEX(10),TPAVF(10),DURVF(10),DUEX(10),ENG(8,30,4,4)
      COMMON /B15/ KT,NT,IPAC
      TEUDE(J)=BATEAU(J,2)*(1+BATEAU(J,4))
      TEUCH(J)=BATEAU(J,3)*(1+BATEAU(J,5))
      TEIMP(J)=BATEAU(J,2)*POSTE(I,3)/POSTE(I,4)
      TEEXP(J)=BATEAU(J,3)*POSTE(I,3)/POSTE(I,4)
      TDECHA(J)=TEIMP(J)+DESAR(J)
      TCHAR(J)=TEEXP(J)+ARRIM(J)
      TQUAI(J)=TDECHA(J)+TCHAR(J)+ENTR(J)
      TPATRA(I)=(POSTE(I,8)/(TRA(3)*60.))
      DUPTRA(I)=TPATRA(I)+TRA(1)+TRA(2)
      TPAROU(I)=POSTE(I,9)/(TRA(3)*60.)
      TPACF(I)=POSTE(I,10)/(TRA(3)*60.)
      TPAVF(I)=POSTE(I,11)/(TRA(3)*60.)
      TPAEX(I)=POSTE(I,7)/(TRA(3)*60)
      DUROU(I)=TPAROU(I)
      DUEX(I)=TPAEX(I)
      DURCF(I)=TPACF(I)
      DURVF(I)=TPAVF(I)
      TATTEN(J)=TAT(I)
      TPORT(J)=(TQUAI(J)+ACODEP(J)+TATTEN(J))/1440
      TAT(I)=TATTEN(J)+TPORT(J)
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE STEVED(I,J)
C*****************************************************************
C*                SOUS PROGRAMME 'STEVED'                        *
C*          OPERATION DE TRANSIT DES CONTENEURS                  *
C*****************************************************************
      REAL KMTOT,KILOM,MINENT,MINSOR,NUMTRA
      INTEGER NOPO,NOBA,NUM(10,50)
      COMMON /B1/  NOPO,NOBA,NUM,
     *BATEAU(50,15),POSTE(10,15)
      COMMON /B2/ CONAN(6),TRA(7),CHA(7),
     *TEM1(5),TEM2(5),TEM3(5),TEM4(5),TEM5(5),
     *REMO,CREMO,RCHAS,ACODEP(50),DICHA,CYCLE,PER,
     *ARRIM(50),DESAR(50),ENTR(50),CUMLIN,TOINT
      COMMON /B3/  DO,OSE,DIC,ECO,PAC
      COMMON /B4/ TEUDE(50),TEUCH(50),TEEXP(50),
     *TDECHA(50),TATTEN(50),DUPTRA(50),TAT(10),
     *TCHAR(50),TPATRA(50),TEIMP(50),TQUAI(50)
      COMMON /B5/  TAB(50,10,4),VEREQ(10),TOT(10),
     *TMPS,DURE,CHAR,HCHAR,
     *DISP(3000),HORAIR(3000),HORMIN(3000),
     *POIN(3000),MARQ1(3000),MARQ2(3000)
      COMMON /B6/DISMIN(3000),HOR(3000),KMTOT,VEHRET,
     *HEUENT(3000),MINENT(3000),NOT,PROP1(3000),
     *VYGTRA(3000),VYGTOT,MINDEP,CONT,JSK,LN,
     *KILOM(3000),VEHRE(3000),DSPAIR(3000),
     *NUMTRA(3000),MINSOR(3000),HEUSOR(3000)
      COMMON /T1/TPAROU(10),TPACF(10),DUROU(10),DURCF(10),
     *TPAEX(10),TPAVF(10),DURVF(10),DUEX(10),ENG(8,30,4,4)
      COMMON /B15/ KT,NT,IPAC
      N=1
      LN=0
      IF(RCHAS.EQ.1) GO TO 11
      G1=0.
      G2=1.
      GO TO 1
   11 G1=1.
      G2=0.
C
C.....EVALUATION DU NOMBRE DE CHARIOTS PAR CAS.............
C
    1 CONT=REMO
      CYCLE=POSTE(I,3)-CHA(1)
      DURE=CHA(1)+DICHA/(CHA(3)*60.)+CHA(2)
      CALL TRANS(I,J,KI,1)
      CHAR=TAB(J,1,1)
      HCHAR=TAB(J,1,4)
      CYCLE=POSTE(I,3)*REMO
C
C.....EVALUATION DU NOMBRE DE TRACTEURS...................
C
      IF(POSTE(I,8).EQ.0.) GO TO 2
```

```
C
C.....CAS DU PORT DE MARCHE.....
C
C.....TRANSPORT VERS L'AIRE DE STATIONNEMENT.....
C
      CONT=BATEAU(J,2)/POSTE(I,4)
      DUREE=DUPTRA(I)
      GO TO 4
C
C.....TRANSPORT VERS LE QUAI.....
C
    3 CONT=BATEAU(J,3)/POSTE(I,4)
      TPS=POSTE(I,7)/(TRA(3)*60.)
      DUP=TPS+TRA(1)+TRA(2)
      DUREE=DUP
    4 LN=LN+1
      IF(CONT.EQ.0.) GO TO 10
      DURE=DUREE+POSTE(I,3)*REMO*G1
     *HCHAR*G1+(TRA(1)+TRA(2))*G2
      CALL TRANS(I,J,KI,N)
   10 N=N+1
      IF(N.EQ.2) GO TO 3
      GO TO 14
C
C.....CAS D'UN PORT DE TRANSIT.....
C
C.....TRANSPORT VERS LE TERMINUS ROUTIER.....
C
    2 CONT=BATEAU(J,2)*BATEAU(J,7)/POSTE(I,4)
      DUREE=DUROU(I)
      GO TO 8
C
C.....TRANSPORT VERS LE TERMINUS FERROVIAIRE.....
C
    5 CONT=BATEAU(J,2)*BATEAU(J,8)/POSTE(I,4)
      DUREE=DURCF(I)
      GO TO 8
C
C.....TRANSPORT VERS LE TERMINUS FLUVIAL.....
C
    6 CONT=BATEAU(J,2)*BATEAU(J,9)/POSTE(I,4)
      DUREE=DURVF(I)
      GO TO 8
C
C.....TRANSPORT VERS LE QUAI.....
C
    7 CONT=BATEAU(J,3)/POSTE(I,4)
      DUREE=DUEX(I)
      GO TO 8
    8 LN=LN+1
      IF(CONT.EQ.0.) GO TO 9
```

```
      DURE=DUREE+POSTE(I,3)*REMO*G1
     *HCHAR*G1+(TRA(1)+TRA(2))*G2
      CALL TRANS(I,J,KI,N)
    9 N=N+1
      IF(N.EQ.2) GO TO 5
      IF(N.EQ.3) GO TO 6
      IF(N.EQ.4) GO TO 7
C
C.....IMPRESSION DE L'OFFRE DE SERVICE.....................
C
   14 IF(OSE.NE.1) GO TO 99
      IPRINT=2
      CALL PRINT(IPRINT,I1,J1)
   99 RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE TRANS(I1,J1,KI,NY)
C*****************************************************************
C*              SOUS PROGRAMME TRANS                             *
C*         EVALUATION DE L'OFFRE DE SERVICE                      *
C*****************************************************************
      REAL MINUTE,MINFIN,MINDEB,KMTOT,KILOM,
     *MINENT,MINSOR,NUMTRA
      INTEGER NOPO,NOBA,NUM(10,50)
      COMMON /B1/  NOPO,NOBA,NUM,
     *BATEAU(50,15),POSTE(10,15)
      COMMON /B2/ CONAN(6),TRA(7),CHA(7),
     *TEM1(5),TEM2(5),TEM3(5),TEM4(5),TEM5(5),
     *REMO,CREMO,RCHAS,ACODEP(50),DICHA,CYCLE,PER,
     *ARRIM(50),DESAR(50),ENTR(50),CUMLIN,TOINT
      COMMON /B3/  DO,OSE,DIC,ECO,PAC
      COMMON /B4/ TEUDE(50),TEUCH(50),TEEXP(50),
     *DECHA(50),TATTEN(50),DUPTRA(50),TAT(10),
     *TCHAR(50),TPATRA(50),TEIMP(50),TQUAI(50)
      COMMON /B5/  TAB(50,10,4),VEREQ(10),TOT(10),
     *TMPS,DURE,CHAR,HCHAR,
     *DISP(3000),HORAIR(3000),HORMIN(3000),
     *POIN(3000),MARQ1(3000),MARQ2(3000)
      COMMON /B6/  DISMIN(3000),HOR(3000),KMTOT,VEHRET,
     *HEUENT(3000),MINENT(3000),NOT,PROP1(3000),
     *VYGTRA(3000),VYGTOT,MINDEP,CONT,JSK,LN,
     *KILOM(3000),VEHRE(3000),DSPAIR(3000),
     *NUMTRA(3000),MINSOR(3000),HEUSOR(3000)
      COMMON /T1/TPAROU(10),TPACF(10),DUROU(10),DURCF(10),
     *TPAEX(10),TPAVF(10),DURVF(10),DUEX(10),ENG(8,30,4,4)
      COMMON /B15/ KT,NT,IPAC
      MKI=0
      HORO=0.
      C=0.
      C1=0
C
C.....DETERMINATION DE TOUS LES DEPARTS DES TRACTEURS
C     POUR LE CAS CONSIDERE.....................................
C
    1 C1=C1+REMO
      MKI=MKI+1
      IF(MKI.NE.1) GO TO 2
      HOR(MKI)=HORO
      GO TO 3
    2 HOR(MKI)=HORO+CYCLE
    3 HORO=HOR(MKI)
      DISP(MKI)=HORO+DURE
      DISPO=DISP(MKI)
      NOT=MKI
      EX=HOR(NOT)
      IF(C1.LT.CONT) GO TO 1
C
```

```
C.....DETERMINATION DES HORAIRES.....................
C
      DO 10 I=1,NOT
      C=HOR(I)
      HORAIR(I)=AINT(C/60.)
      HORMIN(I)=AMOD(C,60.)
      D=DISP(I)
      DSPAIR(I)=AINT(D/60.)
      DISMIN(I)=AMOD(D,60.)
   10 CONTINUE
      KI=NOT-1
C
C.....ETABLISSEMENT DU NOMBRE D'ENGIN, DU NOMBRE DE
C     VOYAGES, DU NOMBRE DE KILOMETRES ET DU NOMBRE
C     D'HEURES DE SERVICE PAR ENGIN.....................
C
      DO 20 I=1,NOT
      DIF1=DISP(I)
      DO 30 J=I,NOT
      DIF2=HOR(J)-DIF1
      IF(DIF2) 31,32,33
   31 IF(HOR(J).LT.EX) GO TO 30
      POIN(I)=0
      GO TO 20
   32 POIN(I)=J
      GO TO 20
   33 POIN(I)=J
      GO TO 20
   30 CONTINUE
   20 CONTINUE
      DO 40 I=1,NOT
      IF(I.GE.NOT) GO TO 40
      J=I+1
      IF(POIN(I).NE.POIN(J)) GO TO 40
      POIN(I)=0.
   40 CONTINUE
      DO 50 I=1,NOT
      MARQ1(I)=I
      MARQ2(I)=POIN(I)
   50 CONTINUE
      J=0
      DO 60 I=1,NOT
      L=0
      IF(MARQ1(I).EQ.-1) GO TO 60
      J=J+1
      NUMTRA(J)=J
      HEUENT(J)=HORAIR(I)
      MINENT(J)=HORMIN(I)
      JSK=J
      NP=I
   61 L=L+1
```

```
      IF(MARQ2(NP).EQ.0) GO TO 62
      MARQ1(NP)=-1
      NX=NP
      NP=MARQ2(NP)
      GO TO 61
   62 VYGTRA(J)=L
      HEUSOR(J)=DSPAIR(NP)
      MINSOR(J)=DISMIN(NP)
      MARQ1(NP)=-1
   60 CONTINUE
      KMTOT=0.
      VEHRET=0.
      VYGTOT=0.
      DO 70 I=1,JSK
      IF(POSTE(I1,8).EQ.0.) GO TO 74
      GO TO (75,76),NY
   75 DIST=POSTE(I1,8)
      GO TO 73
   76 DIST=POSTE(I1,7)
      GO TO 73
   74 GO TO (77,78,79,76),NY
   77 DIST=POSTE(I1,9)
      GO TO 73
   78 DIST=POSTE(I1,10)
      GO TO 73
   79 DIST=POSTE(I1,11)
   73 KILOM(I)=DIST*VYGTRA(I)/1000.
      VEHRE(I)=DURE*VYGTRA(I)/60.
C
C.....CALCULS DES TOTAUX.....................................
C
      KMTOT=KMTOT+KILOM(I)
      VEHRET=VEHRET+VEHRE(I)
      VYGTOT=VYGTOT+VYGTRA(I)
   70 CONTINUE
      DO 80 KX=1,4
      GO TO(81,82,83,84),KX
   81 TAB(J1,NY,KX)=JSK
      ENG(KT,NT,NY,KX)=JSK*POSTE(1,4)
      GO TO 80
   82 TAB(J1,NY,KX)=VYGTOT
      ENG(KT,NT,NY,KX)=VYGTOT*POSTE(1,4)
      GO TO 80
   83 TAB(J1,NY,KX)=KMTOT
      ENG(KT,NT,NY,KX)=KMTOT*POSTE(1,4)
      GO TO 80
   84 TAB(J1,NY,KX)=VEHRET
      ENG(KT,NT,NY,KX)=VEHRET*POSTE(1,4)
   80 CONTINUE
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE INDICE
C*****************************************************************
C*                    SOUS PROGRAMME INDICE                      *
C*          CALCUL DES INDICATEURS DE PERFORMANCE                *
C*****************************************************************
      REAL MINUTE,MINFIN,MINDEB,KMTOT,KILOM,
     *MINENT,MINSOR,NUMTRA
      INTEGER NOPO,NOBA,NUM(10,50)
      COMMON /B1/  NOPO,NOBA,NUM,
     *BATEAU(50,15),POSTE(10,15)
      COMMON /B2/ CONAN(6),TRA(7),CHA(7),
     *TEM1(5),TEM2(5),TEM3(5),TEM4(5),TEM5(5),
     *REMO,CREMO,RCHAS,ACODEP(50),DICHA,CYCLE,PER,
     *ARRIM(50),DESAR(50),ENTR(50),CUMLIN,TOINT
      COMMON /B3/  DO,OSE,DIC,ECO,PAC
      COMMON /B4/ TEUDE(50),TEUCH(50),TEEXP(50),
     *TDECHA(50),TATTEN(50),DUPTRA(50),TAT(10),
     *TCHAR(50),TPATRA(50),TEIMP(50),TQUAI(50)
      COMMON /B5/  TAB(50,10,4),VEREQ(10),TOT(10),
     *TMPS,DURE,CHAR,HCHAR,
     *DISP(3000),HORAIR(3000),HORMIN(3000),
     *POIN(3000),MARQ1(3000),MARQ2(3000)
      COMMON /B6/  DISMIN(3000),HOR(3000),KMTOT,VEHRET,
     *HEUENT(3000),MINENT(3000),NOT,PROP1(3000),
     *VYGTRA(3000),VYGTOT,MINDEP,CONT,JSK,LN,
     *KILOM(3000),VEHRE(3000),DSPAIR(3000),
     *NUMTRA(3000),MINSOR(3000),HEUSOR(3000)
      COMMON /B8/  ECLA(50),STO(50),TPOSTE(10),
     *PROP2(10),TEPOS(50),COPOS(10),PROTE1,
     *TEU(50),CONTE(50),TEUHRE(5),CONHRE(50),
     *TEUTER,COTER,POIHRE(50),PROTE3,PROTE2,STOT,
     *P,ETOT,CEXTOT,CIMTOT,TEXTOT,TIMTOT,TTERM,
     *TPORT(50),TTSTO(50),TTECL(50)
      COMMON /B13/  POIDS(36,6),SOMXY(6),POIMPO(50),
     *POIEXP(50),POITOT(50),TPIM(10),TPEXP(10),TONPOS(10),
     *PROP3(10),PROTE(10),TOTERI,TOTERE,TOTERM,CTR,TEUTR
      COMMON /P2/ COIMP(10,30),COEXP(10,30),VITE(10,30),
     *CIGRUE(10,30),GRNBRE(10,30),CONMIN(10,30),TEUMIN(10,30),
     *TONMIN(10,30)
      COMMON /B15/ KT,NT,IPAC
C
C.....TABLE DE DISTRIBUTION DU POIDS DES CONTENEURS........
C
      REAL PD1(36,1)/0.,0.,0.,.46,1.49,2.95,3.96,3.94,3.97,
     *3.72,3.41,3.66,4.04,4.5,4.41,4.67,5.63,6.13,6.21,
     *6.46,7.58,9.19,6.72,4.08,2.47,.24,.15,0.,0.,0.,0.,
     *0.,0.,0.,0.,0./
      REAL POD1(36,1)/40.,0.,0.,.28,.89,1.84,2.59,2.76,2.93,
     *3.27,3.17,3.52,4.2,4.99,4.69,5.14,5.29,5.76,5.91,
     *6.10,6.98,8.58,8.19,6.43,3.69,1.25,
     *.47,.27,.29,.21,.17,.11,.01,.01,0.,.02/
```

```
      REAL PD2(36,1)/50.,0.,0.,.23,.73,1.57,2.25,
     *2.46,2.67,3.16,3.11,3.48,4.24,5.12,4.76,5.26,5.21,
     *5.67,5.83,6.,6.83,8.43,8.56,7.02,4.,1.5,.55,.33,
     *.36,.27,.22,.14,.02,.02,.0,.02/
      REAL POD2(36,1)/60.,0.,0.,.18,.6,1.29,
     *1.9,2.17,2.41,3.05,3.05,3.44,4.28,5.24,4.83,5.38,
     *5.12,5.58,5.75,5.91,6.68,8.28,8.93,7.60,4.31,
     *1.75,.63,.4,.43,.32,.26,.17,.02,.02,0.,.03/
      REAL PD3(36,1)/0.,0.,1.,2.,3.,4.,5.,6.,7.,8.,9.,
     *10.,11.,12.,13.,
     *14.,15.,16.,17.,18.,19.,20.,21.,22.,23.,24.,
     *25.,26.,27.,28.,29.,
     *30.,31.,32.,33.,34./
      REAL PD4(36,1)/100.,0.,0.,0.,0.,.18,.53,.98,1.37,2.6,
     *2.82,3.3,4.43,5.63,5.12,5.85,4.78,5.22,5.45,5.55,
     *6.08,7.67,10.4,
     *9.95,5.53,2.75,.95,.67,.72,.53,.43,.28,.03,.03,0.,.05/
      L=0
      KBA=0
C
C.....DETERMINATION DU TONNAGE PAR NAVIRE PAR POSTE
C     ET DU TERMINAL.....
C
      DO 60 I=1,6
      J=1
      L=L+1
      DO 80 K=1,36
      GO TO (81,82,61,83,62,84),I
   81 POIDS(K,L)=PD3(K,J)
      GO TO 80
   82 POIDS(K,L)=PD1(K,J)
      GO TO 80
   61 POIDS(K,L)=POD1(K,J)
      GO TO 80
   83 POIDS(K,L)=PD2(K,J)
      GO TO 80
   62 POIDS(K,L)=POD2(K,J)
      GO TO 80
   84 POIDS(K,L)=PD4(K,J)
   80 CONTINUE
   60 CONTINUE
      IT=0
      DO 90 I=2,6
      IT=IT+1
      SO=0.
      DO 100 J=2,36
      SOMXY(IT)=SO+(POIDS(J,1)*POIDS(J,I))/100
      SO=SOMXY(IT)
  100 CONTINUE
   90 CONTINUE
      DO 110 I=1,NOBA
```

```
      DO 120 IG=1,2
      GO TO (121,122),IG
  121 CATEG=BATEAU(I,4)
      GO TO 123
  122 CATEG=BATEAU(I,5)
  123 IF(CATEG.GT.20) GO TO 124
      IC=1
      GO TO 125
  124 IF(CATEG.GT.45) GO TO 126
      IC=2
      GO TO 125
  126 IF(CATEG.GT.55) GO TO 127
      IC=3
      GO TO 125
  127 IF(CATEG.GT.75) GO TO 128
      IC=4
      GO TO 125
  128 IC=5
  125 GO TO (131,132),IG
  131 POIMPO(I)=BATEAU(I,2)*(SOMXY(IC)-2.375)
      GO TO 120
  132 POIEXP(I)=BATEAU(I,3)*(SOMXY(IC)-2.375)
  120 CONTINUE
      POITOT(I)=POIMPO(I)+POIEXP(I)
  110 CONTINUE
C
C.....DETERMINATION DES INDICATEURS ET DES PRODUCTIVITES...
C
      DO 10 I=1,NCPO
      E=0.
      S=0.
      TE=0.
      CC=0.
      TP=0.
      TOI=0.
      TOE=0.
      DO 20 J=1,NOBA
      IF(NUM(I,J).EQ.0) GO TO 20
      TEU(J)=BATEAU(J,2)*(1+BATEAU(J,4))+BATEAU(J,3)*
     *(1+BATEAU(J,5))
      CONTE(J)=BATEAU(J,2)+BATEAU(J,3)
      B=BATEAU(J,2)*BATEAU(J,6)
      ECLA(I)=E+B
      E=ECLA(I)
      STO(I)=S+BATEAU(J,2)-B
      S=STO(I)
      TIMTOT=TIMTOT+BATEAU(J,2)*(1+BATEAU(J,4))
      TEXTOT=TEXTOT+BATEAU(J,3)*(1+BATEAU(J,5))
      CIMTOT=CIMTOT+BATEAU(J,2)
      CEXTOT=CEXTOT+BATEAU(J,3)
      TPOSTE(I)=TP+TQUAI(J)
```

```
      TP=TPOSTE(I)
      TEUHRE(J)=CONTE(J)/TQUAI(J)
      CONHRE(J)=TEU(J)/TQUAI(J)
      POIHRE(J)=POITOT(I)/TQUAI(J)
      TEPOS(I)=TE+TEU(J)
      TE=TEPOS(I)
      COPOS(I)=CO+CONTE(J)
      TPIM(I)=TOI+POIMPO(I)
      TPEXP(I)=TOE+POIEXP(I)
      TCI=TPIM(I)
      TOE=TPEXP(I)
      TONPOS(I)=TOI+TOE
      CO=COPOS(I)
      P=I
      KBA=KBA+1
   20 CONTINUE
      ETOT=ETOT+E
      STOT=STOT+S
      TTERM=TTERM+TP
      TEUTER=TEUTER+TEPOS(I)
      COTER=COTER+COPOS(I)
      TOTERI=TOTERI+TPIM(I)
      TOTERE=TOTERE+TPEXP(I)
      TOTERM=TOTERM+TONPOS(I)
      PROP1(I)=COPOS(I)/TPOSTE(I)
      PROP2(I)=TEPOS(I)/TPOSTE(I)
      PROP3(I)=TONPOS(I)/TPOSTE(I)
      IF(KBA.EQ.NOBA) GO TO 21
   10 CONTINUE
   21 TEUTR=TIMTOT+TEXTOT
      PROTE2=TEUTR/TTERM
      CTR=CIMTOT+CEXTOT
      PROTE1=CTR/TTERM
      PROTE3=TOTERM/TTERM
      CONMIN(KT,NT)=PROTE1
      TEUMIN(KT,NT)=PROTE2
      TONMIN(KT,NT)=PROTE3
C
C.....IMPRESSION DES INDICATEURS DE PERFORMANCE.....
C
      IF(DIC.NE.1) GO TO 99
      IPRINT=3
      CALL PRINT(IPRINT,NOPO,NOBA)
   99 RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE ECONO
C*****************************************************************
C*                  SOUS PROGRAMME 'ECONO'                       *
C*                    CALCULS DES COUTS                          *
C*****************************************************************
      REAL CAIRE(5)
      INTEGER NOPO,NOBA,NUM(10,50)
      COMMON /B1/  NOPO,NOBA,NUM,
     *BATEAU(50,15),POSTE(10,15)
      COMMON /B2/ CONAN(6),TRA(7),CHA(7),
     *TEM1(5),TEM2(5),TEM3(5),TEM4(5),TEM5(5),
     *REMO,CREMO,RCHAS,ACODEP(50),DICHA,CYCLE,PER,
     *ARRIM(50),DESAR(50),ENTR(50),CUMLIN,TOINT
      COMMON /B3/  DO,OSE,DIC,ECO,PAC
      COMMON /B4/ TEUDE(50),TEUCH(50),TEEXP(50),
     *TDECHA(50),TATTEN(50),DUPTRA(50),TAT(10),
     *TCHAR(50),TPATRA(50),TEIMP(50),TQUAI(50)
      COMMON /B5/  TAB(50,10,4),VEREQ(10),TOT(10),
     *TMPS,DURE,CHAR,HCHAR,
     *DISP(3000),HORAIR(3000),HORMIN(3000),
     *POIN(3000),MARQ1(3000),MARQ2(3000)
      COMMON /B6/  DISMIN(3000),HOR(3000),KMTOT,VEHRET,
     *HEUENT(3000),MINENT(3000),NOT,PROP1(3000),
     *VYGTRA(3000),VYGTOT,MINDEP,CONT,JSK,LN,
     *KILOM(3000),VEHRE(3000),DSPAIR(3000),
     *NUMTRA(3000),MINSOR(3000),HEUSOR(3000)
      COMMON /B8/  ECLA(50),STO(50),TPOSTE(10),
     *PROP2(10),TEPOS(50),COPOS(10),PROTE1,
     *TEU(50),CONTE(50),TEUHRE(5),CONHRE(50),
     *TEUTER,COTER,POIHRE(50),PROTE3,PROTE2,STOT,
     *P,ETOT,CEXTOT,CIMTOT,TEXTOT,TIMTOT,TTERM,
     *TPORT(50),TTSTO(50),TTECL(50)
      COMMON /B9/  CUAT(50),CUENT(50),CATTEN(50),CG1,
     *CUMAN(50),CTRANS(50),CEXPLA(50),CG2,CG3,
     *CIMMOB(50),VALINV(50),CINVES(50),
     *CTGES(50),CUGES(50),CC(50),CT(50),
     *PEXPLA(10),PIMMOB(10),PINVES(10)
      COMMON /B10/  PMANUT(10),CUCOPO(10),PTRANS(10),
     *PATTEN(10),PUGES(10),PTGES(10),TOTAT,
     *TTGES,TUGES,TFENTR,CH(50),TMANU,TTRANS,
     *TEXPLA,TIMMOB,PH(10),TEUDEP,PT(10),
     *TINVES,TOTREV,TOTDEP,REDETE,TEUREV
      COMMON /B11/  REVENU(50),DEPENS(50),REDEBA(50),
     *REDEPO(10),PREV(10),PDEP(10),PC(10),PDETEU(10),
     *CQUAI(50),REVTEU(50),DEPTEU(50),PRETEU(10)
      COMMON /B13/  POIDS(36,6),SOMXY(6),POIMPO(50),
     *POIEXP(50),POITOT(50),TPIM(10),TPEXP(10),TONPOS(10),
     *PROP3(10),PROTE(10),TOTERI,TOTERE,TOTERM,CTR,TEUTR
      COMMON /P2/ COIMP(10,30),COEXP(10,30),VITE(10,30),
     *CIGRUE(10,30),GRNBRE(10,30),CONMIN(10,30),TEUMIN(10,30),
     *TONMIN(10,30)
```

```
      COMMON /B14/  COUT1(5),COUT2(5),FENTRE(50)
      COMMON /B15/ KT,NT,IPAC
C
C.....FONCTIONS POUR LE TAUX DE DEPRECIATION ET
C     LE TAUX D'AMORTISSEMENT DES EQUIPEMENTS.............
C
      RECAP(T,A)=(T*(1+T)**A)/((1+T)**A-1)
      RECAP1(T,A)=((1+T)**A-1)/(T*(1+T)**A)
      TO=TOINT
      DO 9 I=1,5
C
C.....CALCUL COUT DE CONSTRUCTION DES AIRES ET DES TERMINUS
C
C     SELON LA CNUCED UNE AIRE DE 70 000 U.E.V./AN COUTE
C     4 800 000 DOLLARS.....................................
C
      CAIRE(I)=CONAN(I)*480/7
    9 CONTINUE
C
C.....COUTS DE CONSTRUCTION DES POSTES.....................
C
      DO 10 I=1,NOPO
      CUCOPO(I)=POSTE(I,2)*CUMLIN
   10 CONTINUE
      DO 20 I=1,NOPO
      PEXPLA(I)=0.
      PIMMOB(I)=0.
      PINVES(I)=0.
      PMANUT(I)=0.
      PTRANS(I)=0.
      PATTEN(I)=0.
      PUGES(I)=0.
      PTGES(I)=0.
      PREV(I)=0.
      PDEP(I)=0.
   20 CONTINUE
      DO 30 I=1,NOBA
      IF(BATEAU(I 7).GE.1000) GO TO 31
      CUAT(I)=COUT1(1)
      CUENT(I)=COUT2(1)
      GO TO 30
   31 IF(BATEAU(I,7).GT.2500) GO TO 32
      CUAT(I)=COUT1(2)
      CUENT(I)=COUT2(2)
      GO TO 30
   32 CUAT(I)=COUT1(3)
      CUENT(I)=COUT2(3)
   30 CONTINUE
      IF(RCHAS.EQ.1) GO TO 35
      G1=3.
      G2=0.
```

```
      GO TO 36
   35 G1=0.
      G2=1.
   36 DO 40 I=1,NOPO
      DO 50 J=1,NOBA
      IF(NUM(I,J).EQ.0) GO TO 50
C
C.....COUTS PAR NAVIRE.....
C
      CATTEN(J)=CUAT(J)*TATTEN(J)/60.
      CIMMOB(J)=CATTEN(J)
      IF(POSTE(I,8).EQ.0) GO TO 34
      DZ=0.
      DW=0.
      DO 37 KG=1,2
      CUMAN(J)=HCHAR*CHA(5)*TAB(J,KG,2)*POSTE(I,4)+DW
      DW=CUMAN(J)
      CTRANS(J)=DZ+TAB(J,KG,4)*TRA(5)*POSTE(I,4)
      DZ=CTRANS(J)
   37 CONTINUE
      CUMAN(J)=CUMAN(J)+(POSTE(I,6)*(TQUAI(J)/60.))*
     *POSTE(I,4)
      VALINV(J)=CUCOPO(I)*(1-RECAP(TO,30.))/30.+(TAB(J,1,1)
     *TAB(J,2,1))*TRA(4)*POSTE(I,4)*(1-RECAP(TO,15.))/15.
     *(TAB(J,1,1)+TAB(J,2,1))*(G1*CREMO*REMO+G2*CREMO*REMO)*
     *(1-RECAP(TO,15.))/15.*POSTE(I,4)+POSTE(I,4)*POSTE(I,5)*
     *(1-RECAP(TO,30.))/30.+(CAIRE(1)+CAIRE(2))*(1+RECAP(TO,
     *30.))/30.+CHAR*POSTE(I,4)*CHA(4)*(1-RECAP(TO,15.))/15.
      GO TO 33
   34 DZ=0.
      DW=0.
      DO 38 KG=1,4
      CUMAN(J)=HCHAR*CHA(5)*TAB(J,KG,2)*POSTE(I,4)+DW
      DW=CUMAN(J)
      CTRANS(J)=DZ+TAB(J,KG,4)*TRA(5)*POSTE(I,4)
      DZ=CTRANS(J)
   38 CONTINUE
      CUMAN(J)=CUMAN(J)+(POSTE(I,6)*(TQUAI(J)/60.))*
     *POSTE(I,4)
      BNBR=TAB(J,1,1)+TAB(J,2,1)+TAB(J,3,1)+TAB(J,4,1)
      VALINV(J)=CUCOPO(I)*(1-RECAP(TO,30.))/30.
     *BNBR*TRA(4)*POSTE(I,4)*(1-RECAP(TO,15.))/15.
     *BNBR*(G1*CREMO*REMO+G2*CREMO*REMO)*(1-RECAP(TO,15.))/15.*
     *POSTE(I,4)+POSTE(I,4)*POSTE(I,5)*(1-RECAP(TO,30.))/30.
     *(CAIRE(1)+CAIRE(2)+CAIRE(3)+CAIRE(4)+CAIRE(5))*(1-RECAP(TO,
     *30.))/30.+CHAR*CHA(4)*POSTE(I,4)*(1-RECAP(TO,15.))/15.
      GO TO 33
   33 CEXPLA(J)=CUMAN(J)+CTRANS(J)
      CINVES(J)=VALINV(J)*RECAP1(TO,PER)*(TQUAI(J)/(1440*365))
      CTGES(J)=CEXPLA(J)+CIMMOB(J)+CINVES(J)
      CUGES(J)=CTGES(J)/TEU(J)
```

```
      CC(J)=CTGES(J)/CONTE(J)
      CT(J)=CTGES(J)/POITOT(J)
      CH(J)=CTGES(J)/(TQUAI(J)/60.)
      FENTRE(J)=CUENT(J)
      REVENU(J)=FENTRE(J)
      DEPENS(J)=CEXPLA(J)+CIMMOB(J)
      REDEBA(J)=(REVENU(J)/DEPENS(J))*100
      REVTEU(J)=REVENU(J)/TEU(J)
      DEPTEU(J)=DEPENS(J)/TEU(J)
C
C.....COUTS PAR POSTE.....................................
C
      PREV(I)=PREV(I)+REVENU(J)
      PDEP(I)=PDEP(I)+DEPENS(J)
      PEXPLA(I)=PEXPLA(I)+CEXPLA(J)
      PIMMOB(I)=PIMMOB(I)+CIMMOB(J)
      PINVES(I)=PINVES(I)+CINVES(J)
      PMANUT(I)=PMANUT(I)+CUMAN(J)
      PTRANS(I)=PTRANS(I)+CTRANS(J)
      PATTEN(I)=PATTEN(I)+CATTEN(J)
      PTGES(I)=PTGES(I)+CTGES(J)
   50 CONTINUE
      PRETEU(I)=PREV(I)/TEPOS(I)
      PDETEU(I)=PDEP(I)/TEPOS(I)
      PUGES(I)=PTGES(I)/TEPOS(I)
      PC(I)=PTGES(I)/COPOS(I)
      PT(I)=PTGES(I)/TONPOS(I)
      PH(I)=PTGES(I)/(TPOSTE(I)/60.)
      REDEPO(I)=(PREV(I)/PDEP(I))*100
C
C.....COUTS AU TERMINAL...................................
C
      TOTREV=TOTREV+PREV(I)
      TOTDEP=TOTDEP+PDEP(I)
      TEXPLA=TEXPLA+PEXPLA(I)
      TIMMOB=TIMMOB+PIMMOB(I)
      TINVES=TINVES+PINVES(I)
      TMANU=TMANU+PMANUT(I)
      TTRANS=TTRANS+PTRANS(I)
      TOTAT=TOTAT+PATTEN(I)
      TTGES=TTGES+PTGES(I)
   40 CONTINUE
      REDETE=(TOTREV/TOTDEP)*100
      TUGES=TTGES/TEUTER
      CG1=TTGES/(CIMTOT+CEXTOT)
      CG2=TTGES/TOTERM
      CG3=TTGES/(TTERM/60.)
      TEUREV=TOTREV/TEUTER
      TEUDEP=TOTDEP/TEUTER
C
C.....IMPRESSION DES COUTS................................
```

```
C
      IF(ECO.NE.'') GO TO 99
      IPRINT=4
      CALL PRINT(IPRINT,IPO,IBA)
   99 RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE IMPACT
C*****************************************************************
C*              SOUS PROGRAMME 'IMPACT'                          *
C*            DETERMINATION DES IMPACTS                          *
C*****************************************************************
      INTEGER NOPO,NOBA,NUM(10,50)
      COMMON /B1/  NOPO,NOBA,NUM,
     *BATEAU(50,15),POSTE(10,15)
      COMMON /B2/ CONAN(6),TRA(7),CHA(7),
     *TEM1(5),TEM2(5),TEM3(5),TEM4(5),TEM5(5),
     *REMO,CREMO,RCHAS,ACODEP(50),DICHA,CYCLE,PER,
     *ARRIM(50),DESAR(50),ENTR(50),CUMLIN,TOINT
      COMMON /B3/  DO,OSE,DIC,ECO,PAC
      COMMON /P2/ COIMP(10,30),COEXP(10,30),VITE(10,30),
     *CIGRUE(10,30),GRNBRE(10,30),CONMIN(10,30),TEUMIN(10,30),
     *TONMIN(10,30)
      COMMON /P3/ CMAT(10,30),CTRAT(10,30),CEXT(10,30),
     *CIMT(10,30),CINT(10,30),CGEST(10,30),ELAS(10,30)
      COMMON /P4/ CPTE(10),DMA(10),DTRA(10),DEX(10),DIM(10),
     *DGES(10),DIN(10),DELAS(10),D2(10),D(10,30)
      COMMON /B15/ KT,NT,IPAC
      COMMON /B9/  CUAT(50),CUENT(50),CATTEN(50),CG1,
     *CUMAN(50),CTRANS(50),CEXPLA(50),CG2,CG3,
     *CIMMOB(50),VALINV(50),CINVES(50),
     *CTGES(50),CUGES(50),CC(50),CT(50),
     *PEXPLA(10),PIMMOB(10),PINVES(10)
      COMMON /B10/  PMANUT(10),CUCOPO(10),PTRANS(10),
     *PATTEN(10),PUGES(10),PTGES(10),TOTAT,
     *TTGES,TUGES,TFENTR,CH(50),TMANU,TTRANS,
     *TEXPLA,TIMMOB,PH(10),TEUDEP,PT(10),
     *TINVES,TOTREV,TOTDEP,REDETE,TEUREV
      COMMON /B13/  POIDS(36,6),SOMXY(6),POIMPO(50),
     *POIEXP(50),POITOT(50),TPIM(10),TPEXP(10),TONPOS(10),
     *PROP3(10),PROTE(10),TOTERI,TOTERE,TOTERM,CTR,TEUTR
      COMMON /B4/ TEUDE(50),TEUCH(50),TEEXP(50),
     *TDECHA(50),TATTEN(50),DUPTRA(50),TAT(10),
     *TCHAR(50),TPATRA(50),TEIMP(50),TQUAI(50)
      COMMON /B8/  ECLA(50),STO(50),TPOSTE(10),
     *PROP2(10),TEPOS(50),COPOS(10),PROTE1,
     *TEU(50),CONTE(50),TEUHRE(5),CONHRE(50),
     *TEUTER,COTER,POIHRE(50),PROTE3,PROTE2,STOT,
     *P,ETOT,CEXTOT,CIMTOT,TEXTOT,TIMTOT,TTERM,
     *TPORT(50),TTSTO(50),TTECL(50)
      DIC=0.
      ECO=0.
      DO=0.
      OSE=0.
      NPO=NOPO
      NBA=NOBA
      NOPO=1
      NOBA=1
```

```
      KT=0
      NT=1
    8 KT=KT+1
C
C.....CHOIX DU CAS A EXAMINER.....
C
      GO TO (124,125,126,127,128),KT
C
C.....CAS DE LA VITESSE DES TRACTEURS.....
C
  124 D(KT,NT)=TRA(3)
      GO TO 16
C
C.....CAS DU CYCLE DES PORTIQUES.....
C
  125 D(KT,NT)=POSTE(1,3)
      GO TO 16
C
C.....CAS DU NOMBRE DE PORTIQUES.....
C
  126 D(KT,NT)=POSTE(1,4)
      GO TO 16
C
C.....CAS DU TONNAGE MANUTENTIONNE.....
C
  127 DO1=BATEAU(1,2)
      DO2=BATEAU(1,3)
      D(KT,NT)=DO1+DO2
      GO TO 16
C
C.....CAS DE LA CAPACITE DE REMORQUES/CHASSIS.....
C
  128 D(KT,NT)=REMO
  16  CPTE(KT)=CPTE(KT)+1.
      ETOT=0.
      STOT=0.
      TTERM=0.
      TEUTER=0.
      COTER=0.
      TOTERI=0.
      TOTERE=0.
      TOTERM=0.
      TIMTOT=0.
      TEXTOT=0.
      CIMTOT=0.
      CEXTOT=0.
      POIMPO(1)=0.
      POIEXP(1)=0
      PEXPLA(1)=0.
      PIMMOB(1)=0.
      PINVES(1)=0.
```

```
      PMANUT(1)=0.
      PTRANS(1)=0.
      PATTEN(1)=0.
      TOTAT=0.
      PTGES(1)=0.
      TEXPLA=0.
      TIMMOB=0.
      TINVES=0.
      TMANU=0.
      TTRANS=0.
      TTGES=0.
      TAT(1)=0.
      CALL TEMPS(1,1)
      CALL STEVED(1,1)
      CALL INDICE
      CALL ECONO
C
C.....STOCKAGE DES COUTS.....
C
      CMAT(KT,NT)=TMANU/TOTERM
      CTRAT(KT,NT)=TTRANS/TOTERM
      CEXT(KT,NT)=TEXPLA/TOTERM
      CIMT(KT,NT)=TIMMOB/TOTERM
      CINT(KT,NT)=TINVES/TOTERM
      CGEST(KT,NT)=TTGES/TOTERM
 17   NT=NT+1
 15   GO TO (1,2,3,4,5), KT
  1   TRA(3)=TRA(3)-1.
      D(KT,NT)=TRA(3)
      IF(TRA(3).LE.0.) GO TO 7
      GO TO 16
  2   POSTE(1,3)=POSTE(1,3)-0.5
      D(KT,NT)=POSTE(1,3)
      IF(POSTE(1,3).LE.0.) GO TO 7
      GO TO 16
  3   POSTE(1,4)=POSTE(1,4)-1.
      D(KT,NT)=POSTE(1,4)
      IF(POSTE(1,4).LE.0.) GO TO 7
      GO TO 16
  4   BATEAU(1,2)=BATEAU(1,2)-250.
      BATEAU(1,3)=BATEAU(1,3)-250.
      D(KT,NT)=BATEAU(1,2)+BATEAU(1,3)
      IF(BATEAU(1,2).LE.0..OR.BATEAU(1,3).LE.0.) GO TO 7
      GO TO 16
  5   REMO=REMO-2.
      D(KT,NT)=REMO
      IF(REMO.LE.0.) GO TO 7
      GO TO 16
  7   NT=1
      GO TO (51,52,53,54,55), KT
 51   TRA(3)=D(KT,NT)
```

```
      GO TO 8
52    POSTE(1,3)=D(KT,NT)
      GO TO 8
53    POSTE(1,4)=D(KT,NT)
      GO TO 8
54    BATEAU(1,2)=DO1
      BATEAU(1,3)=DO2
      GO TO 8
55    REMO=D(KT,NT)
      IPRINT=5
      NOPO=NPO
      NOBA=NBA
      CTR=BATEAU(1,2)+BATEAU(1,3)
      CALL PRINT(IPRINT,IPO,IBA)
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE PRINT(IPRINT,IPO,IBA)
C*****************************************************************
C*                  SOUS PROGRAMME 'PRINT'                       *
C*                IMPRESSION DES RESULTATS                       *
C*****************************************************************
      REAL MINUTE,MINFIN,MINDEB,KMTOT,KILOM,MINENT,
     *MINSOR,NUMTRA
      INTEGER NOPO,NOBA,NUM(10,50)
      COMMON /B1/  NOPO,NOBA,NUM,
     *BATEAU(50,15),POSTE(10,15)
      COMMON /B2/ CONAN(6),TRA(7),CHA(7),
     *TEM1(5),TEM2(5),TEM3(5),TEM4(5),TEM5(5),
     *REMO,CREMO,RCHAS,ACODEP(50),DICHA,CYCLE,PER,
     *ARRIM(50),DESAR(50),ENTR(50),CUMLIN,TOINT
      COMMON /B3/  DO,OSE,DIC,ECO,PAC
      COMMON /B4/ TEUDE(50),TEUCH(50),TEEXP(50),
     *TDECHA(50),TATTEN(50),DUPTRA(50),TAT(10),
     *TCHAR(50),TPATRA(50),TEIMP(50),TQUAI(50)
      COMMON /B5/  TAB(50,10,4),VEREQ(10),TOT(10),
     *TMPS,DURE,CHAR,HCHAR,
     *DISP(3000),HORAIR(3000),HORMIN(3000),
     *POIN(3000),MARQ1(3000),MARQ2(3000)
      COMMON /B6/  DISMIN(3000),HOR(3000),KMTOT,VEHRET,
     *HEUENT(3000),MINENT(3000),NOT,PROP1(3000),
     *VYGTRA(3000),VYGTOT,MINDEP,CONT,JSK,LN,
     *KILOM(3000),VEHRE(3000),DSPAIR(3000),
     *NUMTRA(3000),MINSOR(3000),HEUSOR(3000)
      COMMON /B8/  ECLA(50),STO(50),TPOSTE(10),
     *PROP2(10),TEPOS(50),COPOS(10),PROTE1,
     *TEU(50),CONTE(50),TEUHRE(5),CONHRE(50),
     *TEUTER,COTER,POIHRE(50),PROTE3,PROTE2,STOT,
     *P,ETOT,CEXTOT,CIMTOT,TEXTOT,TIMTOT,TTERM,
     *TPORT(50),TTSTC(50),TTECL(50)
      COMMON /B9/  CUAT(50),CUENT(50),CATTEN(50),CG1,
     *CUMAN(50),CTRANS(50),CEXPLA(50),CG2,CG3,
     *CIMMOB(50),VALINV(50),CINVES(50),
     *CTGES(50),CUGES(50),CC(50),CT(50),
     *PEXPLA(10),PIMMOB(10),PINVES(10)
      COMMON /B10/  PMANUT(10),CUCOPO(10),PTRANS(10),
     *PATTEN(10),PUGES(10),PTGES(10),TOTAT,
     *TTGES,TUGES,TFENTR,CH(50),TMANU,TTRANS,
     *TEXPLA,TIMMOB,PH(10),TEUDEP,PT(10),
     *TINVES,TOTREV,TOTDEP,REDETE,TEUREV
      COMMON /B11/  REVENU(50),DEPENS(50),REDEBA(50),
     *REDEPO(10),PREV(10),PDEP(10),PC(10),PDETEU(10),
     *CQUAI(50),REVTEU(50),DEPTEU(50),PRETEU(10)
      COMMON /B13/  POIDS(36,6),SOMXY(6),POIMPO(50),
     *POIEXP(50),POITOT(50),TPIM(10),TPEXP(10),TONPOS(10),
     *PROP3(10),PROTE(10),TOTERI,TOTERE,TOTERM,CTR,TEUTR
      COMMON /B14/  COUT1(5),COUT3(5),FENTRE(50)
      COMMON /P2/ COIMP(10,30),COEXP(10,30),VITE(10,30),
```

```
     *CIGRUE(10,30),GRNBRE(10,30),CONMIN(10,30),
     *TEUMIN(10,30),TONMIN(10,30)
      COMMON /P3/ CMAT(10,30),CTRAT(10,30),CEXT(10,30),
     *CIMT(10,30),CINT(10,30),CGEST(10,30),ELAS(10,30)
      COMMON /P4/ CPTE(10),DMA(10),DTRA(10),DEX(10),DIM(10),
     *DGES(10),DIN(10),DELAS(10),D2(10),D(10,30)
      COMMON /T1/TPAROU(10),TPACF(10),DUROU(10),DURCF(10),
     *TPAEX(10),TPAVF(10),DURVF(10),DUEX(10),ENG(8,30,4,4)
      COMMON /B12/  M1,M2(50),M3(10),M4,M5,M6,M7,M8,M9,
     *M10,M11,M12,M13,M14,M15,M16
      DATA IX,IY,ML,MJ/1,1,1,1/
C
C.....IMPRESSION DES DONNEES.............................
C
      IF(IPRINT.NE.1) GO TO 980
      WRITE(6,6000)
      WRITE(6,6100) M1,NOPO,NOBA
      WRITE(6,6001)
      DO 591 I=1,NOBA
      WRITE(6,6101) M2(I),(BATEAU(I,J),J=1,9)
  591 CONTINUE
      WRITE(6,6002)
      DO 592 I=1,NOPO
      WRITE(6,6102) M3(I),(POSTE(I,J),J=1,11)
  592 CONTINUE
      WRITE(6,6003)
      WRITE(6,6103) M4,(CONAN(I),I=1,5)
      WRITE(6,6004)
      WRITE(6,6103) M5,(TRA(I),I=1,5)
      WRITE(6,6005)
      WRITE(6,6103) M6,(CHA(I),I=1,5)
      WRITE(6,6007)
      WRITE(6,6103) M7,(COUT1(I),I=1,3)
      WRITE(6,6011)
      WRITE(6,6103) M8,(COUT3(I),I=1,3)
      WRITE(6,6012)
      WRITE(6,6103) M9,(TEM1(I),I=1,3)
      WRITE(6,6013)
      WRITE(6,6103) M10,(TEM2(I),I=1,3)
      WRITE(6,6014)
      WRITE(6,6103) M11,(TEM3(I),I=1,3)
      WRITE(6,6015)
      WRITE(6,6103) M12,(TEM4(I),I=1,3)
      WRITE(6,6018)
      WRITE(6,6103) M13,(TEM5(I),I=1,3)
      WRITE(6,6016)
      WRITE(6,6803) M14,CUMLIN,TCINT,RCHAS,REMO,CREMO,PER
      WRITE(6,6017)
      WRITE(6,6103) M15,DO,OSE,DIC,ECO,PAC
C
C.....IMPRESSION DE L'OFFRE DE SERVICE..................
```

```
C
  980 IF(IPRINT.NE.2) GO TO 981
      WRITE(6,1308)
      IRQ=0
      IF(POSTE(1,8).EQ.0) GO TO 1011
      WRITE(6,8550)
      GO TO 1012
 1011 IRQ=IRQ+1
      WRITE(6,8555)
 1012 DO 1215 I=1,NOPO
      DO 1216 J=1,NOBA
      IF(NUM(I,J).EQ.0) GO TO 1216
      IF(POSTE(I,8).EQ.0) GO TO 1008
      WRITE(6,7308) I,J,((TAB(J,K,L),L=1,4),K=1,2)
      GO TO 1216
 1008 GO TO(1078,1079),IRQ
 1078 WRITE(6,7308) I,J,((TAB(J,K,L),L=1,4),K=1,2)
      GO TO 1216
 1079 WRITE(6,7308) I,J,((TAB(J,K,L),L=1,4),K=3,4)
 1216 CONTINUE
 1215 CONTINUE
      IF(IRQ.EQ.0.OR.IRQ.EQ.2) GO TO 999
      WRITE(6,8556)
      IRQ=IRQ+1
      GO TO 1012
C
C.....IMPRESSION DES INDICATEURS DE PERFORMANCE.....
C
  981 IF(IPRINT.NE.3) GO TO 982
      WRITE(6,2021)
      DO 417 I=1,NOBA
      WRITE(6,2022) I,CONTE(I),TEU(I),POITOT(I),
     *TQUAI(I),TEUHRE(I),CONHRE(I),POIHRE(I)
  417 CONTINUE
      NOCA=P
      WRITE(6,2032)
      DO 419 I=1,NOCA
      WRITE(6,2022) I,COPOS(I),TEPOS(I),TONPOS(I),
     *TPOSTE(I),PROP1(I),PROP2(I),PROP3(I)
  419 CONTINUE
      WRITE(6,2025) NOBA,NOPO,CIMTOT,
     *CEXTOT,TIMTOT,TEXTOT,TOTERI,
     *TOTERE,CTR,TEUTR,TOTERM,
     *TTERM,PROTE1,PROTE2,PROTE3
      GO TO 999
C
C.....IMPRESSION DES COUTS.....
C
  982 IF(IPRINT.NE.4) GO TO 983
      DO 1990 IB1=1,2
      GO TO (911,912),IB1
```

```
  911 WRITE(6,7001)
      KONTE=NOBA
      GO TO 918
  912 WRITE(6,7002)
      KONTE=P
  918 DO 1991 IB2=1,2
      GO TO (931,933),IB2
  931 GO TO(934,935),IB1
  934 WRITE(6,7004)
      GO TO 904
  935 WRITE(6,7014)
      GO TO 904
  933 GO TO(936,937),IB1
  936 WRITE(6,7005)
      GO TO 904
  937 WRITE(6,7015)
  904 DO 908 I=1,KONTE
      GO TO(921,923),IB1
  921 GO TO(821,822),IB2
  821 WRITE(6,7007) I,CUMAN(I),CTRANS(I),CEXPLA(I),
     *CIMMOB(I),CINVES(I),CTGES(I)
      GO TO 908
  822 WRITE(6,7008) I,CC(I),CUGES(I),CT(I),CH(I)
      GO TO 908
  923 GO TO(823,824),IB2
  823 WRITE(6,7007) I,PMANUT(I),PTRANS(I),PEXPLA(I),
     *PIMMOB(I),PINVES(I),PTGES(I)
      GO TO 908
  824 WRITE(6,7008) I,PC(I),PUGES(I),PT(I),PH(I)
      GO TO 908
  908 CONTINUE
 1991 CONTINUE
 1990 CONTINUE
      WRITE(6,7003)
      WRITE(6,7006) TMANU,TTRANS,TEXPLA,TINVES,TTGES,
     *CG1,TUGES,CG2,CG3
      WRITE(6,998)
      GO TO 999
C
C.....IMPRESSION DES IMPACTS.............................
C
  983 IF(IPRINT.NE.5) GO TO 999
      DO 80 KT=1,5
      GO TO (81,82,83,84,85,88,89), KT
   81 WRITE (6,8001)
      GO TO 87
   82 WRITE (6,8002)
      GO TO 87
   83 WRITE (6,8003)
      GO TO 87
   84 WRITE (6,8004)
```

```
      GO TO 87
   85 WRITE (6,8005)
      GO TO 87
   88 WRITE (6,8006)
      GO TO 87
   89 WRITE (6,8007)
   87 WRITE(6,8000) D(4,1),D(1,1),D(2,1),D(3,1),D(5,1)
      KHJ=CPTE(KT)
      IF(POSTE(1,8).EQ.0.) GO TO 93
      WRITE(6,8050)
      GO TO 92
   93 WRITE(6,8055)
   92 DO 91 NT=1,KHJ
      IF(POSTE(1,8).EQ.0.) GO TO 95
      WRITE(6,8051) D(KT,NT),((ENG(KT,NT,
     *J,J1),J1=1,4),J=1,2)
      GO TO 91
   95 WRITE(6,8052) D(KT,NT),((ENG(KT,NT,
     *J,J1),J1=1,4),J=1,4)
   91 CONTINUE
      WRITE(6,8056)
      DO 90 NT=1,KHJ
      WRITE(6,8500) D(KT,NT),CTR,TEUTR,TOTERM,TTERM,
     *CONMIN(KT,NT),TEUMIN(KT,NT),TONMIN(KT,NT)
   90 CONTINUE
      WRITE(6,8057)
      DO 96 NT=1,KHJ
      WRITE(6,8600) D(KT,NT),CMAT(KT,NT),
     *CTRAT(KT,NT),CEXT(KT,NT),
     *CIMT(KT,NT),CINT(KT,NT),CGEST(KT,NT)
   96 CONTINUE
   80 CONTINUE
      WRITE(6,998)
C
C.....FORMATS D'IMPRESSION.....
C
C
 6100 FORMAT(I5,2I'0)
 6101 FORMAT(I4,2X,F6.0,2X,2(1X,F6.0),
     *2(1X,F5.2),2X,F8.0,3(1X,F5.2))
 6102 FORMAT(I5,2(1X,F6.0),'X,F5.2,1X,F4.0,'X,
     *F8.0,6F6.0)
 7308 FORMAT(3X,2(2X,I2),2(1X,2F5.0,2F7.2))
 6103 FORMAT(I5,8(2X,F8.0))
 6803 FORMAT(I5,2X,F8.0,2X,F8.2,7(2X,F8.0))
 6000 FORMAT('1',//,5X,'NOMBRE DE NAVIRES ET DE POSTES',//,
     *1X,' NUM        NBRE     NBRE'/,'X,
     *   'DECIS.     POSTES   NAVIRES',/)
 6001 FORMAT(//,5X,' LES NAVIRES',//,'X,
     *' NUM    NUM          VARIABLE CORRESPONDANTE',/,'X,
     *'DECIS. NAVIRE ','X,
```

```
     *'IMPORT EXPORT 40-IMP 40-EXP  CAPAC  ',
     *'ROUTE C-FER FLEUV',/)
6002 FORMAT(//,5X,' LES POSTES D''ACCOSTAGE',//,2X,
     *' NUM   NUM          VARIABLE CORRESPONDANTE',/,2X,
     *'DECIS POSTE ',1X,
     *'LONG CYCLE NB-GR  ACH-GR SALAI. PREEM STAT.  ',
     *'ROUTE  FER  FLEUV',/)
6003 FORMAT(//,5X,' U.E.V MANUTENTIONNES PAR AN',//,1X,
     *' NUM     AIRE    TERMINUS   TERMINUS  TERMINUS',
     *'   AIRE ',/,1X,
     *'DECIS.   STAT    ROUTIER    FERROV.  FLUVIAL',
     *'   PRE-EMB',/)
6004 FORMAT(//,5X,' LES TRACTEURS',//,1X,
     *' NUM             VARIABLE CORRESPONDANTE',/,1X,
     *'DECIS.    CHARG    DECH      VITESSE   ',
     *'ACHAT    SALAIRE',/)
6005 FORMAT(//,5X,' LES CHARIOTS'',//,1X,
     *' NUM             VARIABLE CORRESPONDANTE',/,1X,
     *'DECIS.    CHARG    DECHAR    VITESSE    ',
     *'ACHAT    SALAIRE',/)
6007 FORMAT('1',5X,' LES COUT D''ATTENTE',//,1X,
     *'  NUM            CAPACITE DES NAVIRES ',/,1X,
     *'  DEC 200-1000    1000-2500   2500-3000',/)
6011 FORMAT(//,5X,' LES COUT D''ENTREE',//,1X,
     *'  NUM            CAPACITE DES NAVIRES ',/,1X,
     *'  DEC   200-1000  1000-2500  2500-3000',/)
6012 FORMAT(//,5X,' LE TEMPS D''ENTREE',//,1X,
     *'  NUM            CAPACITE DES NAVIRES ',/,1X,
     *'  DEC   200-1000  1000-2500  2500-3000',/)
6013 FORMAT(//,5X,' LE TEMPS DE DESARRIMAGE',//,1X,
     *'  NUM            CAPACITE DES NAVIRES ',/,1X,
     *'  DEC   200-1000  1000-2500  2500-3000',/)
6014 FORMAT(//,5X,' LE TEMPS D''ENTRETIEN',//,1X,
     *'  NUM            CAPACITE DES NAVIRES ',/,1X,
     *'  DEC   200-1000  1000-2500  2500-3000',/)
6015 FORMAT(//,5X,' LE TEMPS D''ARRIMAGE',//,1X,
     *'  NUM            CAPACITE DES NAVIRES ',/,1X,
     *'  DEC   200-1000  1000-2500   2500-3000',/)
6018 FORMAT(//,5X,' LE TEMPS DE SORTIE',//,1X,
     *'  NUM            CAPACITE DES NAVIRES ',/,1X,
     *'  DEC   200-1000  1000-2500  2500-3000',/)
6016 FORMAT('1',//,5X,'DONNEES GENERALES',//,1X,
     *'  NUM   C.QUAI     TAUX      MODE     CAPAC   PRIX',
     *'  AGE  ',/,1X,
     *'   DEC   M. LIN.    INTER   CHAS/REM    REMC. REM/CHAS',
     *'  TERM',/)
6017 FORMAT(//,5X,'DONNEES D''IMPRESSION',//,1X,
     *'NUMERO    DONNEES   OFFRE    INDICAT    ECONO   ',
     *'IMPACTS',/,1X,
     *' DEC                SERVICE   PERFORM    MIQUE ',/)
1308 FORMAT('1',////,20X,
```

```
     *'OFFRE DE SERVICE',/,20X,16(1H*),////)
8555 FORMAT(///,5X,
     *'POS NAV          TRACTEURS',16X,'TR',
     *'ACTEURS',/,5X,
     *'          VERS TERMINUS ROU',
     *'TIER     VERS TERMINUS FERROV.',
     */,5X,
     *'         NBRE VYG    KMS   HRES   N',
     *'BRE   VYG   KMS   HRES',/)
8556 FORMAT(///,5X,
     *'POS NAV        TRAC',
     *'TEURS                TRACTEURS',/,5X,
     *'          AU TERMINUS FLU',
     *'VIAL        POUR PREEMBARQUEM.',
     */,5X,
     *'         NBRE VYG   KMS   HR',
     *'ES   NBRE   VYG   KMS   HRES',/)
8550 FORMAT(///,5X,
     *'POS NAV            TRAC',
     *'TEURS              TRACTEURS',/,5X,
     *'          VERS AIRE DE ST',
     *'ATION.   VERS AIRE PREEMBARQUEM.',
     */,5X,
     *'        NBRE  VYG   KMS  HR',
     *'ES   NBRE   VYG   KMS   HRES',/)
2021 FORMAT('1',////,20X,'INDICATEURS DE PERFORMANCE',/,
     */,20X,26(1H*),
     *////,20X,'INDICATEURS PAR NAVIRE',///,6X,
     *'NAVIRE CONT    U.E.V  TONNAGE  TPS-OC  ',
     *' CONT/MIN  UEV/MIN TONNE/MIN',/)
2032 FORMAT(//////,20X,'INDICATEURS PAR POSTE',///,6X,
     *'POSTE  CONT    U.E.V    TONNAGE  TPS-OC  ',
     *'CONT/MIN  UEV/MIN  TONNE/MIN',/)
2025 FORMAT('1',///,20X,'INDICATEURS DU TERMINAL',////,
     *10X,'NOMBRE DE BATEAUX=',I10,/,10X,'NOMBRE DE PO',
     *'STES =',I10,//,10X,'CONT. IMPORTES   =',F10.0,/,10X,
     *'CONT. EXPORTES   =',F10.0,/,10X,
     *'UEV  IMPORTES    =',F10.2,/,10X,'UEV EXPORTES    =',
     *F10.2,/,10X,'TONNAGE IMPORTE  =',F10.2,/,10X,
     *'TONNAGE EXPORTE  =',F10.2,//,10X,'CONT. TRANSI',
     *'TES  =',F10.0,/,10X,'UEV TRANSITES    =',F10.0,/,10X,
     *'TONNAGE TRANSITE =',F10.3,//,10X,'TPS OC.TERM(MIN',
     *') =',F10.3,//,20X,'PRODUCTIVITE DU TERMINAL',//,10X,
     *'CONTENEUR/MIN    =',F10.3,/,10X,
     *'TEU/MIN          =',F10.3,/,10X,
     *'TONNE/MIN        =',F10.3)
7001 FORMAT('1',//,15X,'ANALYSE DES COUTS PAR NAVIRE',
     */,15X,28(1H*),////)
7002 FORMAT('1',//,15X,'ANALYSE DES COUTS PAR PO',
     *'STE D''ACCOSTAGE',//,15X,39(1H*),//)
7003 FORMAT('1',//,17X,'ANALYSE DES COUTS DU TERMINAL ',
```

```
     *//,'7X,29(1H*),//)
7004 FORMAT(//,'5X,'COUTS TOTAUX',///,6X,
     *' NUMERO   COUT       COUT      COUT',
     *'       COUT      COUT      COUT',/,6X,
     *' NAVIRE   MANUT.    TRANS.    EXPL.',
     *'      IMMOB.   INVEST.     TOTAL ',/)
7005 FORMAT(////,'5X,'COUTS UNITAIRES',///,6X,
     *' NUM.NAV.  $/CONTEN.   $/UEV     $/TONNE   $/HEURE',/)
7014 FORMAT(//,'X,'5X,'COUTS TOTAUX',///,6X,
     *' NUMERO   COUT       COUT      COUT',
     *'       COUT      COUT      COUT',/,6X,
     *' POSTE    MANUT.    TRANS.    EXPL.',
     *'      IMMOB.   INVEST.   TOTAL ',/)
7015 FORMAT(//,'X,'5X,'COUTS UNITAIRES',///,6X,
     *'NUM.POS  $/CONTEN.   $/TEU     $/TONNE   $/HEURE',/)
7006 FORMAT(18X,'COUTS TOTAUX',///,'4X,
     *'COUT DE MANUTENTION   =',F'2.2,/,'4X,'COUT DE TR',
     *'ANSPORT     =',F'2.2,/,'4X,'COUT D''EXPLOITAION    =',
     *F'2.2,/,'4X,'COUT D''INVESTISSEMENT =',F'2.2,/,'4X,
     *'COUT AU GESTIONNAIRE  =',F'2.2,////,'5X,
     *'COUTS UNITAIRES AU GESTIONNAIRE',//////,'4X,
     *'COUT/CONTENEUR        =',F'2.3,/,'4X,'COUT/U.E.V',
     *'           =',F'2.3,/,'4X,'COUT/TONNE          ',
     *' =',F'2.3,/,'4X,'COUT/HEURE            =',F'2.3,/)
7007 FORMAT(I'0,2X,6(1X,F9.0))
7008 FORMAT(I'0,2X,4(1X,F'0.3))
2022 FORMAT(I9,3(2X,F7.0),4(2X,F7.2))
8000 FORMAT(//,20X,'ETAT INITIAL DU SYSTEME',//,
     *'0X,'CONTENEURS IMPORT-EXPORT BAT.'=',F'0.0,/,
     *'0X,'VITESSE DES TRACTEURS         =',F'0.2,' M/S',/,
     *'0X,'CYCLE D''UN PORTIQUE           =',F'0.2,' MIN',/,
     *'0X,'NOMBRE DE PORTIQUES           =',F'0.0,/,
     *'0X,'CAPACITE DES CHASSIS          =',F'0.0,/)
8055 FORMAT(///,20X,'A- OFFRE DE SERVICE',//,2X,
     *' VAR.      TRACTEURS              TRACTEURS',
     *'           TRACTEURS              TRACTEURS',/,9X,
     *'    VERS TERMINUS ROUTIER    VERS TERMINUS FERROV.',
     *'    VERS GARRE FLUVIALE              EXPORT ',/,'1X,
     *' NBRE VYG   KMS   HRES   NBRE   VYG   KMS   HRES',4x,
     *' NBRE VYG   KMS   HRES   NBRE   VYG   KMS   HRES',//)
8050 FORMAT(///,20X,'A- OFFRE DE SERVICE ',//,5X,
     *'  VAR.     TRACTEURS              TRACTEURS',/,2X
     *'                IMPORT                EXPORT',/,9X,
     *'    VERS AIRE DE STATION.  VERS AIRE DE STOCKAGE',/,''X,
     *' NBRE   VYG  KMS   HRES   NBRE  VYG   KMS   HRES',/)
8051 FORMAT(F8.2,2(2X,2(1X,F4.0),2(1X,F6.2)))
8052 FORMAT(F8.2,4(2X,2(1X,F4.0),2(1X,F6.2)))
8056 FORMAT(//,'0X,'B- INDICATEURS DE PERFOR',
     *'MANCE DU TERMINAL',///,
     *'    VAR.',6X,'CONTEN.      U.E.V    TONNAGE',
     *'    TPS UTIL. CONT/MIN U.E.V/MIN TONNE/MIN',/)
```

```
8500 FORMAT(F8.2,3(2X,F10.0),2X,F10.2,3(2X,F6.3))
8057 FORMAT(//,20X,'C- COUTS UNITAIRES ',///,5X,
     *'   VAR.',5X,'COUT        COUT',
     *4X,'  COUT      COUT        COUT      COUT',/,4X,
     *'   CONS.',4X,'MANUT.     TRANS.',
     *4X,'  EXPL.    IMMOB.    INVES.    GESTION ',/)
8600 FORMAT(4X,F8.2,7(2X,F8.3))
8001 FORMAT('1',
     *20X,'IMPACT DE LA VITESSE DES TRACTEURS')
8003 FORMAT('1',
     *20X,'IMPACT DU NOMBRE DE PORTIQUES')
8002 FORMAT('1',
     *20X,'IMPACT DU CYCLE DES PORTIQUES')
8004 FORMAT('1',
     *20X,'IMPACT DU TONNAGE MANUTENTIONNE')
8005 FORMAT('1',
     *20X,'IMPACT DE LA CAPACITE DES CHASSIS')
8006 FORMAT('1',
     *20X,'IMPACT DU COUT DU PORTIQUE')
8007 FORMAT('1',
     *20X,'IMPACT DU COUT DES TRACTEURS')
 998 FORMAT('1','.')
 999 RETURN
     END
```

```
      BLOCK DATA
C*****************************************************************
C*    BLOCK D'INITIALISATION DES VARIABLES EN COMMON             *
C*****************************************************************
      REAL MINUTE,MINFIN,MINDEB,KMTOT,KILOM,MINENT,
     *MINSOR,NUMTRA,CPTE(10)
      INTEGER NOPO,NOBA,NUM(10,50)
      COMMON /B1/  NOPO,NOBA,NUM,
     *BATEAU(50,15),POSTE(10,15)
      COMMON /B2/  CONAN(6),TRA(7),CHA(7),
     *TEM1(5),TEM2(5),TEM3(5),TEM4(5),TEM5(5),
     *REMO,CREMO,RCHAS,ACODEP(50),DICHA,CYCLE,PER,
     *ARRIM(50),DESAR(50),ENTR(50),CUMLIN,TOINT
      COMMON /B3/  DO,OSE,DIC,ECO,PAC
      COMMON /B4/ TEUDE(50),TEUCH(50),TEEXP(50),
     *TDECHA(50),TATTEN(50),DUPTRA(50),TAT(10),
     *TCHAR(50),TPATRA(50),TEIMP(50),TQUAI(50)
      COMMON /B5/  TAB(50,10,4),VEREQ(10),TOT(10),
     *TMPS,DURE,CHAR,HCHAR,
     *DISP(3000),HORAIR(3000),HORMIN(3000),
     *POIN(3000),MARQ1(3000),MARQ2(3000)
      COMMON /B6/  DISMIN(3000),HOR(3000),KMTOT,VEHRET,
     *HEUENT(3000),MINENT(3000),NOT,PROP1(3000),
     *VYGTRA(3000),VYGTOT,MINDEP,CONT,JSK,LN,
     *KILOM(3000),VEHRE(3000),DSPAIR(3000),
     *NUMTRA(3000),MINSOR(3000),HEUSOR(3000)
      COMMON /B8/  ECLA(50),STO(50),TPOSTE(10),
     *PROP2(10),TEPOS(50),COPOS(10),PROTE1,
     *TEU(50),CONTE(50),TEUHRE(5),CONHRE(50),
     *TEUTER,COTER,POIHRE(50),PROTE3,PROTE2,STOT,
     *P,ETOT,CEXTOT,CIMTOT,TEXTOT,TIMTOT,TTERM,
     *TPORT(50),TTSTO(50),TTECL(50)
      COMMON /B9/  CUAT(50),CUENT(50),CATTEN(50),CG1,
     *CUMAN(50),CTRANS(50),CEXPLA(50),CG2,CG3,
     *CIMMOB(50),VALINV(50),CINVES(50),
     *CTGES(50),CUGES(50),CC(50),CT(50),
     *PEXPLA(10),PIMMOB(10),PINVES(10)
      COMMON /B10/  PMANUT(10),CUCOPO(10),PTRANS(10),
     *PATTEN(10),PUGES(10),PTGES(10),TOTAT,
     *TTGES,TUGES,TFENTR,CH(50),TMANU,TTRANS,
     *TEXPLA,TIMMOB,PH(10),TEUDEP,PT(10),
     *TINVES,TOTREV,TOTDEP,REDETE,TEUREV
      COMMON /B11/  REVENU(50),DEPENS(50),REDEBA(50),
     *REDEPO(10),PREV(10),PDEP(10),PC(10),PDETEU(10),
     *CQUAI(50),REVTEU(50),DEPTEU(50),PRETEU(10)
      COMMON /B12/  M1,M2(50),M3(10),M4,M5,M6,M7,M8,M9,
     *M10,M11,M12,M13,M14,M15,M16
      COMMON /B13/  POIDS(36,6),SOMXY(6),POIMPO(50),
     *POIEXP(50),POITOT(50),TPIM(10),TPEXP(10),TONPOS(10),
     *PROP3(10),PROTE(10),TOTERI,TOTERE,TOTERM,CTR,TEUTR
      COMMON /P2/ COIMP(10,30),COEXP(10,30),VITE(10,30),
```

```
*CIGRUE(10,30),GRNBRE(10,30),CONMIN(10,30),
*TEUMIN(10,30),TONMIN(10,30)
 COMMON /P3/ CMAT(10,30),CTRAT(10,30),CEXT(10,30),
*CIMT(10,30),CINT(10,30),CGEST(10,30),ELAS(10,30)
 COMMON /P4/ CPTE,DMA(10),DTRA(10),DEX(10),DIM(10),
*DGES(10),DIN(10),DELAS(10),D2(10),D(10,30)
 DATA STOT,ETOT,CEXTOT,CIMTOT,
*TEXTOT,TIMTOT,TTERM,TATTEN/0.,
*0.,0.,0.,0.,0.,0.,50*0./,NUM/500*0/,TEUTER,
*COTER/0.,0./,TAB/2000*0./,TAT/10*0./
 DATA TMANU,TTRANS,TOTAT,TTGES,TUGES,
*TEXPLA,TIMMOB,TINVES,TOTREV,TOTDEP,TOTERI,TOTERE,
*TCTERM/0.,0.,0.,0.,0.,0.,0.,0.,0.,0.,0.,0./
 COMMON /B15/ KT,NT,IPAC
 DATA DICHA/50./
 COMMON /T1/TPAROU(10),TPACF(10),DUROU(10),DURCF(10),
*TPAEX(10),TPAVF(10),DURVF(10),DUEX(10),ENG(8,30,4,4)
 DATA KT,NT,IPAC/1,1,1/
 DATA CIGRUE,GRNBRE,CONMIN,TEUMIN,TONMIN,
*  CMAT,CTRAT,CEXT,CIMT,CINT,CGEST,ELAS,ENG/300*0.,
*300*0.,300*0.,300*0.,300*0.,300*0.,300*0.,300*0.,
*300*0.,300*0.,300*0.,300*0.,3840*0./
 DATA CPTE,DMA,DTRA,DEX,DIM,DGES,DIN,DELAS,D2,D/10*0.,
*10*0.,10*0.,10*0.,10*0.,10*0.,10*0.,10*0.,10*0.,300*0./
END
```

ANNEXE B

EXEMPLE D'IMPRESSION DES RESULTATS

LES DONNEES

NOMBRE DE NAVIRES ET DE POSTES

NUM DECIS.	NBRE POSTES	NBRE NAVIRES
1	1	1

LES NAVIRES

NUM DECIS.	NUM NAVIRE	VARIABLE CORRESPONDANTE IMPORT	EXPORT	40-IMP	40-EXP	CAPAC	ROUTE	C-FER	FLEUV
2	1.	1750.	1750.	0.25	0.25	1800.	0.00	0.00	0.00

LES POSTES D'ACCOSTAGE

NUM DEC	NUM POS	VARIABLE CORRESPONDANTE LONG	CYCLE	NB-GR	ACH-GR	SALAI.	PREEM	STAT.	ROUTE	FER	FLEUV
3	1.	375.	2.40	2.	1000000.	200.	60.	200.	0.	0.	0.

U.E.V MANUTENTIONNES PAR AN

NUM DECIS.	AIRE STAT	TERMINUS ROUTIER	TERMINUS FERROV.	TERMINUS FLUVIAL	AIRE PRE-EMB
4	150000.	0.	0.	0.	150000.

LES TRACTEURS

NUM DECIS.	VARIABLE CORRESPONDANTE CHARG	DECH	VITESSE	ACHAT	SALAIRE
5	1.	1.	8.	20000.	17.

LES CHARIOTS

NUM DECIS.	VARIABLE CORRESPONDANTE CHARG	DECHAR	VITESSE	ACHAT	SALAIRE
6	2.	2.	5.	90000.	17.

LES COUT D'ATTENTE

NUM DEC	CAPACITE DES NAVIRES 200-1000	1000-2500	2500-3000
7	3000.	6000.	6000.

LES COUTS D'ENTREE

NUM DEC	CAPACITE DES NAVIRES 200-1000	1000-2500	2500-3000
8	10000.	10000.	10000.

LE TEMPS D'ENTREE

NUM DEC	CAPACITE DES NAVIRES 200-1000	1000-2500	2500-3000
9	20.	20.	20.

LE TEMPS DE DESARRIMAGE

NUM DEC	CAPACITE DES NAVIRES 200-1000	1000-2500	2500-3000
10	15.	15.	15.

LE TEMPS D'ENTRETIEN

NUM DEC	CAPACITE DES NAVIRES 200-1000	1000-2500	2500-3000
11	0.	0.	0.

LE TEMPS D'ARRIMAGE

NUM DEC	CAPACITE DES NAVIRES 200-1000	1000-2500	2500-3000
12	15.	15.	15.

LE TEMPS DE SORTIE

NUM DEC	CAPACITE DES NAVIRES 200-1000	1000-2500	2500-3000
13	15.	15.	15.

DONNEES GENERALES

NUM DEC	C.QUAI M. LIN.	TAUX INTER	MODE CHAS/REM	CAPAC REMO.	PRIX REM/CHAS
14	15000.	0.10	0.	2.	6000.

DONNEES D'IMPRESSION

NUMERO DEC	DONNEES	OFFRE SERVICE	INDICAT PERFORM	ECONO MIQUE	IMPACTS
15	1.	1.	1.	1.	0.

OFFRE DE SERVICE

POS	NAV	TRACTEURS AU TERMINUS FLUVIAL NBRE	VYG	KMS	HRES	TRACTEURS POUR PREEMBARQUEM. NBRE	VYG	KMS	HRES
1	1	2.	438.	56.94	35.28	2.	438.	56.94	35.28

INDICATEURS DE PERFORMANCE

INDICATEURS PAR NAVIRE

NAVIRE	CONT	U.E.V	TONNAGE	TPS-OC	CONT/MIN	UEV/MIN	TONNE/MIN
1	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.83	1.03	9.91

INDICATEURS PAR POSTE

POSTE	CONT	U.E.V	TONNAGE	TPS-OC	CONT/MIN	UEV/MIN	TONNE/MI
1	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.83	1.03	9.91

INDICATEURS DU TERMINAL

NOMBRE DE BATEAUX	=	1
NOMBRE DE POSTES	=	1
CONT. IMPORTES	=	1750.
CONT. EXPORTES	=	1750.
UEV IMPORTES	=	2187.50
UEV EXPORTES	=	2187.50
TONNAGE IMPORTE	=	20974.08
TONNAGE EXPORTE	=	20974.08
CONT. TRANSITES	=	3500.
UEV TRANSITES	=	4375.
TONNAGE TRANSITE	=	41948.160
TPS OC.TERM(MIN)	=	4234.996

PRODUCTIVITE DU TERMINAL

CONTENEUR/MIN	=	0.826
TEU/MIN	=	1.033
TONNE/MIN	=	9.905

ANALYSE DES COUTS PAR NAVIRE

COUTS TOTAUX

NUMERO NAVIRE	COUT MANUT.	COUT TRANS.	COUT EXPL.	COUT IMMOB.	COUT INVEST.	COUT TOTAL
1	30302.	2399.	32701.	0.	19633.	52334.

COUTS UNITAIRES

NUM.NAV.	$/CONTEN.	$/UEV	$/TONNE	$/HEURE
1	14.953	11.962	1.248	741.455

ANALYSE DES COUTS PAR POSTE D'ACCOSTAGE

COUTS TOTAUX

NUMERO POSTE	COUT MANUT.	COUT TRANS.	COUT EXPL.	COUT IMMOB.	COUT INVEST.	COUT TOTAL
1	30302.	2399.	32701.	0.	19633.	52334.

COUTS UNITAIRES

NUM.POS	$/CONTEN.	$/TEU	$/TONNE	$/HEURE
1	14.953	11.962	1.248	741.455

ANALYSE DES COUTS DU TERMINAL

COUTS TOTAUX

COUT DE MANUTENTION	=	30301.63
COUT DE TRANSPORT	=	2399.27
COUT D'EXPLOITAION	=	32700.90
COUT D'INVESTISSEMENT	=	19633.44
COUT AU GESTIONNAIRE	=	52334.34

COUTS UNITAIRES AU GESTIONNAIRE

COUT/CONTENEUR	=	14.953
COUT/U.E.V	=	11.962
COUT/TONNE	=	1.248
COUT/HEURE	=	741.455

ANNEXE C

IMPACTS DE LA CONTENEURISATION

IMPACT DE LA VITESSE DES TRACTEURS

A- OFFRE DE SERVICE

VAR.	TRACTEURS IMPORT VERS AIRE DE STATION.				TRACTEURS EXPORT VERS AIRE DE STOCKAGE			
	NBRE	VYG	KMS	HRES	NBRE	VYG	KMS	HRES
8.00	4.	146.	11.72	75.62	4.	146.	11.72	75.42
7.00	4.	146.	11.72	75.69	4.	146.	11.72	75.46
6.00	4.	146.	11.72	75.79	4.	146.	11.72	75.52
5.00	4.	146.	11.72	75.93	4.	146.	11.72	75.60
4.00	4.	146.	11.72	76.13	4.	146.	11.72	75.72
3.00	4.	146.	11.72	76.47	4.	146.	11.72	75.93
2.00	4.	146.	11.72	77.14	4.	146.	11.72	76.33
1.00	4.	146.	11.72	79.17	4.	146.	11.72	77.55

B- INDICATEURS DE PERFORMANCE DU TERMINAL

VAR.	CONTEN.	U.E.V	TONNAGE	TPS UTIL.	CONT/MIN	UEV/MIN	TON/MIN
8.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.826	1.033	9.905
7.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.826	1.033	9.905
6.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.826	1.033	9.905
5.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.826	1.033	9.905
4.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.826	1.033	9.905
3.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.826	1.033	9.905
2.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.826	1.033	9.905
1.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.826	1.033	9.905

C- COUTS UNITAIRES

VAR. CONS.	COUT MANUT.	COUT TRANS.	COUT EXPL.	COUT IMMOB.	COUT INVES.	COUT GESTION
8.00	0.681	0.061	0.742	0.000	0.480	1.223
7.00	0.681	0.061	0.743	0.000	0.480	1.223
6.00	0.681	0.061	0.743	0.000	0.480	1.223
5.00	0.681	0.061	0.743	0.000	0.480	1.223
4.00	0.681	0.062	0.743	0.000	0.480	1.223
3.00	0.681	0.062	0.743	0.000	0.480	1.223
2.00	0.681	0.062	0.743	0.000	0.480	1.224
1.00	0.681	0.064	0.745	0.000	0.480	1.225

IMPACT DU CYCLE DES PORTIQUES

A- OFFRE DE SERVICE

VAR.	TRACTEURS IMPORT VERS AIRE DE STATION.				TRACTEURS EXPORT VERS AIRE DE STOCKAGE			
	NBRE	VYG	KMS	HRES	NBRE	VYG	KMS	HRES
2.40	4.	146.	11.72	75.62	4.	146.	11.72	75.42
1.90	4.	146.	11.72	61.02	4.	146.	11.72	60.82
1.40	4.	146.	11.72	46.42	4.	146.	11.72	46.22
0.90	4.	146.	11.72	31.82	4.	146.	11.72	31.62
0.40	4.	146.	11.72	17.22	4.	146.	11.72	17.02

B- INDICATEURS DE PERFORMANCE DU TERMINAL

VAR.	CONTEN.	U.E.V	TONNAGE	TPS UT.	CONT/MIN	UEV/MIN	TON/MIN
2.40	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.826	1.033	9.905
1.90	3500.	4375.	41948.	4235.00	1.042	1.302	12.485
1.40	3500.	4375.	41948.	4235.00	1.408	1.761	16.881
0.90	3500.	4375.	41948.	4235.00	2.174	2.717	26.055
0.40	3500.	4375.	41948.	4235.00	4.762	5.952	57.072

C- COUTS UNITAIRES

VAR.	COUT MANUT.	COUT TRANS.	COUT EXPL.	COUT IMMOB.	COUT INVES.	COUT GESTION
2.40	0.681	0.061	0.742	0.000	0.480	1.223
1.90	0.542	0.049	0.592	0.000	0.381	0.973
1.40	0.403	0.038	0.441	0.000	0.282	0.722
0.90	0.264	0.026	0.290	0.000	0.183	0.472
0.40	0.125	0.014	0.139	0.000	0.083	0.222

IMPACT DU NOMBRE DE PORTIQUES

A- OFFRE DE SERVICE

VAR.	TRACTEURS IMPORT VERS AIRE DE STATION. NBRE	VYG	KMS	HRES	TRACTEURS EXPORT VERS AIRE DE STOCKAGE NBRE	VYG	KMS	HRES
2.00	4.	146.	11.72	75.62	4.	146.	11.72	75.42
1.00	2.	146.	11.68	75.62	2.	146.	11.68	75.42

B- INDICATEURS DE PERFORMANCE DU TERMINAL

VAR.	CONTEN.	U.E.V	TONNAGE	TPS UTIL.	CONT/MIN	UEV/MIN	TON/MIN
2.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.826	1.033	9.905
1.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.415	0.519	4.973

C- COUTS UNITAIRES

VAR.	COUT MANUT.	COUT TRANS.	COUT EXPL.	COUT IMMOB.	COUT INVES.	COUT GESTION
2.00	0.681	0.061	0.742	0.000	0.480	1.223
1.00	0.678	0.061	0.740	0.000	0.875	1.614

IMPACT DU TONNAGE MANUTENTIONNE

A- OFFRE DE SERVICE

VAR.	TRACTEURS IMPORT VERS AIRE DE STATION. NBRE	VYG	KMS	HRES	TRACTEURS EXPORT VERS AIRE DE STOCKAGE NBRE	VYG	KMS	HRES
3500.00	4.	146.	11.72	75.62	4.	146.	11.72	75.42
3000.00	4.	126.	10.12	65.26	4.	126.	10.12	65.09
2500.00	4.	106.	8.52	54.90	4.	106.	8.52	54.76
2000.00	4.	84.	6.72	43.51	4.	84.	6.72	43.39
1500.00	4.	64.	5.12	33.15	4.	64.	5.12	33.06
1000.00	4.	42.	3.40	21.75	4.	42.	3.40	21.70
500.00	4.	22.	1.80	11.40	4.	22.	1.80	11.36

B- INDICATEURS DE PERFORMANCE DU TERMINAL

VAR.	CONTEN.	U.E.V	TONNAGE	TPS UT.	CONT/MIN	UEV/MIN	TON/MIN
3500.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.826	1.033	9.905
3000.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.825	1.032	9.891
2500.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.824	1.030	9.872
2000.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.821	1.027	9.844
1500.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.817	1.022	9.797
1000.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.810	1.012	9.705
500.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.787	0.984	9.437

C- COUTS UNITAIRES

VAR.	COUT MANUT.	COUT TRANS.	COUT EXPL.	COUT IMMOB.	COUT INVES.	COUT GESTION
3500.00	0.681	0.061	0.742	0.000	0.480	1.223
3000.00	0.682	0.062	0.744	0.000	0.481	1.225
2500.00	0.684	0.062	0.746	0.000	0.482	1.228
2000.00	0.685	0.062	0.747	0.000	0.483	1.230
1500.00	0.689	0.063	0.751	0.000	0.485	1.237
1000.00	0.695	0.062	0.757	0.000	0.490	1.247
500.00	0.715	0.065	0.780	0.000	0.504	1.284

IMPACT DE LA CAPACITE DES CHASSIS

A- OFFRE DE SERVICE

VAR.	TRACTEURS IMPORT VERS AIRE DE STATION. NBRE	VYG	KMS	HRES	TRACTEURS EXPORT VERS AIRE DE STOCKAGE NBRE	VYG	KMS	HRES
12.00	4.	146.	11.72	75.62	4.	146.	11.72	75.42
10.00	4.	176.	14.08	77.08	4.	176.	14.08	76.84
8.00	4.	220.	17.60	78.75	4.	220.	17.60	78.45
6.00	4.	292.	23.36	81.17	4.	292.	23.36	80.76
4.00	4.	438.	35.08	86.71	4.	438.	35.08	86.10
2.00	4.	876.	70.08	103.34	4.	876.	70.08	102.12

B- INDICATEURS DE PERFORMANCE DU TERMINAL

VAR.	CONTEN.	U.E.V	TONNAGE	TPS UT.	CONT/MIN	UEV/MIN	TON/MIN
12.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.826	1.033	9.905
10.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.826	1.033	9.905
8.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.826	1.033	9.905
6.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.826	1.033	9.905
4.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.826	1.033	9.905
2.00	3500.	4375.	41948.	4235.00	0.826	1.033	9.905

C- COUTS UNITAIRES

VAR.	COUT MANUT.	COUT TRANS.	COUT EXPL.	COUT IMMOB.	COUT INVES.	COUT GESTION
12.00	0.681	0.061	0.742	0.000	0.480	1.223
10.00	0.683	0.062	0.745	0.000	0.476	1.221
8.00	0.685	0.064	0.749	0.000	0.472	1.221
6.00	0.689	0.066	0.755	0.000	0.468	1.223
4.00	0.698	0.070	0.768	0.000	0.464	1.232
2.00	0.722	0.083	0.806	0.000	0.460	1.266

BIBLIOGRAPHIE

1. Ahtik Yvan et Bertrand Denis, Simulation Numérique des Activités d'un terminus maritime de conteneurs, Ecole Polytechnique, Montréal (1975)

2. Bertrand Denis et al, Le Transport des personnes et des marchandises, Les Editions FM, Québec (1982)

3. Bertrand Denis et Granger Jean, Eléments d'évaluation des opérations de manutention aux terminus de conteneurs de type maritime, Ecole Polytechnique, Montréal (1974).

4. British Ports Association, The structural design of heavy duty pavements for ports and other industries (1980)

5. Bronzini S. Michael and Stammer E. Robert Jr, Mathematical model of inland waterway port operations Transportation Research Record 880, pp16-21 (1982)

6. Chapon Jean, Travaux maritimes Tome 1, Editions Eyrolles, Paris (1966).

7. Chapon Jean, Travaux maritimes Tome 2, Editions Eyrolles, Paris (1967).

8. Commission Canadienne de Transport-Recherche, Regroupement des marchandises en unités de chargement: palettes, péniches, conteneurs et semi remorques dans le transport multimodal, Ottawa (1979)

9. Conférence Européenne des Ministres de transport (C.E.M.T.), Table Ronde 21, Etude d'Influence Economique de la Conteneurisation sur l'exploitation des Transports, Centre de Recherches Economiques, Paris (1977)

10. De Joly G., Laroche Ch., Watie[illegible].H., De Rouville A., Tavaux Maritimes Tome2, Dunod, P[illegible]is (1951)

11. Denton Leo, Containerisation International Year book 1974, National Magabane Colg, London (1977)

12. Ewer Eastman Samuel, Selected productivity comparisons in surface freight transportation: Inland water, Rail and truck, 1935-1979, Transportation Research Record 880, pp22-26, (1982).

13. FRANKEL E.,B. Golden, P. Wilmes, R. Orner, et Al , Port Design and Analysis Methodoloy, Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.), Cambridge 02139 Sea Grant Program (1974)

14. Frybourg Michel, Les Systèmes de Transport, Edition Eyrolles, Paris (1974)

15. Herman D. Tabac, Cargo Containers Their Stowage,Handling and Movement, Cornell Maritime Press,Inc, Cambridge, Maryland (1970)

16. Kessel Cle, Planning the loading and unloading procedures for containerized cargoship - A case study, Lungby (1977).

17. Krazly Al Joan, Modeling Containerized shipping for developing countries, Transportation Reasearch A Vol. 16A no. 4 pp 271-283 (juillet 1982)

18. Per Bruun, Port engineering third edition, Gulf publishing company, Houston, Texas (1981)

19. Quin Alonzo Def, Design and construction of port and marine structures second edition, Mc Graw-Hill Book Company (1971).

20. Rath Eric, Container Systems, John Wiley & Sons, New York (1973)

21. Riendeau Bruno, A port choice model of the carrier,the shiper and the consignee:an application to container transportation between north and south atlantic, Dissertation in Regional Science, Graduate Faculty of University of Pennsylvania (1977).

22. ROY S. and Mac Elwee, Ports and Terminal Facilities, Mc Graw-Hill Book Company (1926).